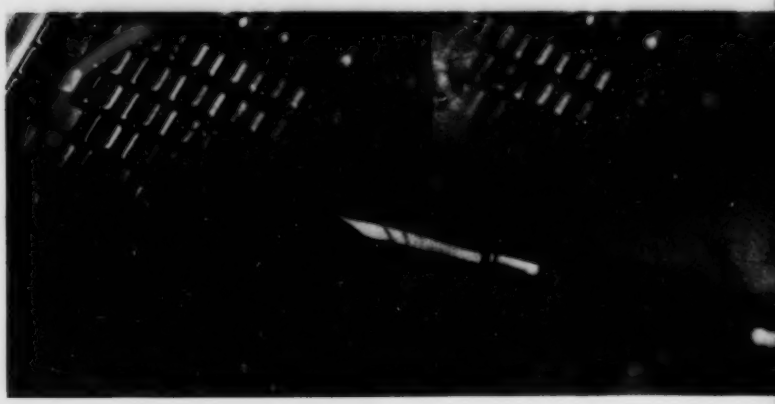
RESEARCH REPORT

BASEMENT WALLS THAT DRY

FINAL PROJECT REPORT



CMHC SCHL

HOME TO CANADIANS

Canada

CMHC—Home to Canadians

Canada Mortgage and Housing Corporation (CMHC) is home to Canadians. In everything we do, we help Canadians live in safe, secure homes. As the Government of Canada's national housing agency, we play a major role in Canada's housing industry. CMHC develops new ways to finance home purchases. We encourage innovation in housing design and technology. Our mortgage loan insurance helps Canadians realize their dream of owning a home.

Canadians benefit from our work with public, private and not-for-profit partners to improve the quality, accessibility and affordability of housing everywhere in Canada.

CMHC assistance helps low-income and older Canadians, people with disabilities and Aboriginals live in decent, affordable homes. We create jobs for Canadians with products and services that help the housing industry export its knowledge and skills to other countries.

CMHC's leading-edge research improves the quality and affordability of housing. To help Canadians benefit from our housing expertise and make informed decisions, CMHC has become Canada's largest publisher of housing information. We also have Canada's most comprehensive selection of information about homes and housing.

Canadians can easily access our information through retail outlets and CMHC's regional offices.
You can also reach us by phone at
1 800 668-2642 (outside Canada, (613) 748-2003)
by fax at (613) 748-4069
To reach us online, visit our home page at www.cmhc-schl.gc.ca

Canada Mortgage and Housing Corporation supports the Government of Canada policy on access to information for people with disabilities. If you wish to obtain this publication in alternative formats, call 1 800 668-2642.

BASEMENT WALLS THAT DRY

Final Project Report

prepared for

Mr. Don Fugler
Canada Mortgage and Housing Corporation
Ottawa, Ontario

by

Tom W. Forest and Mark Y. Ackerman

Department of Mechanical Engineering
University of Alberta
Edmonton, Alberta

March 1999

Publié aussi en français sous le titre: ***Séchage des murs des sous-sols.***

Executive Summary

An eighteen month study was undertaken to evaluate the abilities of 10 basement wall insulation/framing options to dry after being subjected to either a controlled leak or a short term flood. Conventional wood framed construction, steel stud construction and three proprietary systems were evaluated. The proprietary systems included a new product from Owens Corning which is a vinyl faced rigid fibreglass system which can be installed without wood or steel framing, an extruded polystyrene insulation system, Perimate™ from Dow and a sprayed in place polyurethane insulation. Five variations of conventional wood stud framing were evaluated. The differences evaluated ranged from the use of an external moisture barrier to standing the framing off walls and floors to the use of Densglas™ as an alternative to gypsum board. The two steel stud systems tested varied only in stand off from the basement wall.

In general all of the proprietary wall systems performed better that the wood framed or steel stud systems. The systems either did not absorb significant amounts of moisture or dried relatively rapidly after wetting. This was observed whether the moisture source was a controlled leak or a short term flood.

The steel stud systems performed better than their wood framed counterparts when subjected to a short term flood. The steel studs, having no capability to retain moisture, dried out more quickly than the wood systems.

Of the wood framed systems tested none appeared superior in both cases; controlled leak or flood. In the case of a controlled leak, such as might occur in the event of a crack in a basement wall, the systems that had an external moisture barrier caused the water to flow down the wall, under the bottom plate and into the basement. Because such systems were never really wetted they appeared to offer superior performance. When the source of the moisture was a flood the opposite appeared to be true. It was not possible to "seal" the panels, nor was any real attempt made to do so. When standing in 100 mm of water during a "flood" the liquid found its way into all panels, regardless of whether a moisture barrier was present. Once in the panel the moisture remained longer in panels equipped with a moisture barrier. In other words the moisture barrier inhibited moisture removal.

Aside from some darkening in the bottom plate of two of the wood framed panels the study was unsuccessful in producing significant growth of mold or mildew. Conditions were generally favourable; surface moisture and wood moisture contents in excess of 25% for months but no infestations occurred. This may be due to the lack of spores which must be present to initiate growth.

Table of Contents page

Executive Summary i

List of Figures iii

List of Tables iii

1. Project Overview 1

2. Project Methodology 1

3. Wall Systems Tested 3

4. Experimental Results 10
   4.1 Controlled Leak I 10
      4.1.1 Wood Moisture Measurements 12
   4.2 Controlled Leak II 16
      4.2.1 Wood Moisture Measurements 20
   4.3 Basement Flood 22
      4.3.1 Panel Relative Humidity, Temperature and Wood Moisture Content 22
      4.3.2 Visual Panel Inspection and Manual Wood Moisture Measurements 28

5. Conclusions 33

Appendix I - Plots of Measurements Made at Panel Mid-Height 35

List of Figures page

Figure 1 Sensor Locations for a Typical Test Panel 2
Figure 2a Test Panel 1 - Standard Wall with AVB Behind Gypsum Board 5
Figure 2b Test Panel 2 - Standard Wall with AVB Behind Gypsum Board and Against Basement Wall 5
Figure 2c Test Panel 3 - Steel Stud Wall, Floor Gap, Poly Both Sides 5
Figure 2d Test Panel 4 - Steel Stud Wall, Wall and Floor Gap, Poly Both Sides 5
Figure 2e Test Panel 5 - Perimate Extruded Polystyrene with Poly and Densglas 6
Figure 2f Test Panel 6 - Wall with Rigid Fiberglass and Vinyl Interior Finish 6
Figure 2g Test Panel 7 - Improved Standard with Poly, Densglas and a Floor Gap 6
Figure 2h Test Panel 8 - Improved Standard with Poly Both Sides and a Floor Gap 6
Figure 2i Test Panel 9 - Improved Standard with Poly Both Sides, Floor and Wall Gap 7
Figure 2j Test Panel 10 - Proprietary Wood Stud with Polyurethane Insulation, Densglas 7
Figure 3 Relative Humidity Measurements at 0.3 m - First Leak 11
Figure 4 Wood Moisture Content Measurements at 0.3 m - First Leak 13
Figure 5 Typical Wood Frame Panel Construction Showing Measurement Locations of Moisture Content Measurements 14
Figure 6 Relative Humidity Measurements at 0.3 m - Second Leak 18
Figure 7 Wood Moisture Content Measurements at 0.3 m - Second Leak 19
Figure 8 Relative Humidity Measurements at 0.3 m - Flood 24
Figure 9 Wood Moisture Content Measurements at 0.3 m - Flood 25
Figure 10 Measured Temperatures in Panel 1, April to November 27

List of Tables page

Table 1 - Wood Moisture Measurements - December, 1997. 15
Table 2 - Wood Moisture Measurements - February 25, 1998. 20
Table 3 - Wood Moisture Measurements - June 2, 1998. 28
Table 4 - Wood Moisture Measurements - July 22, 1998. 30
Table 5 - Wood Moisture Measurements - November 6, 1998. 32

1. Project Overview

The objective of the study was to conduct tests of basement wall systems and identify those that dry quickly and mitigate the growth of molds when subjected to intermittent wetting episodes. The wetting episodes took the form of either a controlled leak behind each test panel or the flooding of the basement wetting all panels to a depth of approximately 100 mm. After each wetting the panels were monitored for a period of months to determine the drying characteristics. At intervals each panel was removed and visual observation of the condition noted. During the examinations a hand held wood moisture meter was used to determine near surface moisture content at a number of selected locations.

2. Project Methodology

The project involved full-scale testing and collection of data in a dedicated facility to determine which wall systems dry quickly enough to prevent mold growth. Each of the wall systems selected was instrumented to measure moisture content (either wood moisture content, surface moisture content, or relative humidity) and temperature at selected points in the wall cavity to determine the potential for mold growth. As a base case, a "standard" wall system consisting of 38x89 mm (2x4) studs and glass fibre batt insulation between the concrete basement wall and interior sheathing was subjected to a water leak at mid-height. Sensors were placed at various points in the wall cavity as shown in Figure 1. At each leakage site, a surface moisture sensor and thermocouple were placed on the concrete basement wall, wood moisture pins and a thermocouple were placed at two heights in one of the interior studs, and a relative humidity sensor and thermocouple were placed on the cavity side of the interior sheathing. With these measurements, each region was monitored for conditions that are conducive for mold growth. Each panel was removed and inspected periodically for evidence of mold growth

Nine wall panels were originally installed in the basement of house 2 located at the Alberta Home Heating Research Facility. The facility consists of six houses arranged side-by-side in an east-west row and each house has plan dimensions of 6.7 m x 7.3 m (22 ft x 24 ft) and a full height (2.4 m - 8 ft) poured concrete basement with floor slab. Prior to the start of the study there was no basement insulation either on the exterior or interior of the house. The wall panels were located on the east, west, and north basement walls to avoid any complications that might arise due to solar heating on the south face of the house. During the tests, the interior of the house including the basement zone was conditioned to a relative humidity that is typical of basements that have problems with mold growth ie. in the range of 40 to 50% RH. The basement air temperature was set at 20°C.

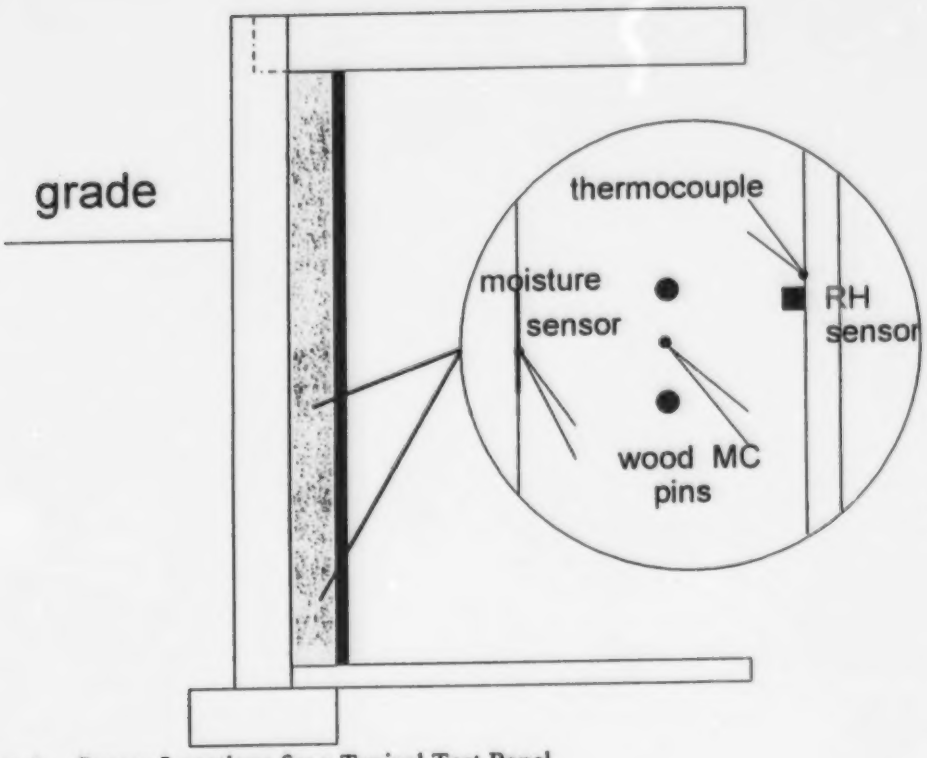


Figure 1 Sensor Locations for a Typical Test Panel.

3. Wall Systems Tested

The following lists the wall configurations tested during the controlled leak phase of the study. One additional configuration, sprayed polyurethane and wood stud, was added prior to all panels being subjected to a basement flood test.

1. Standard Construction (Figure 2a)

Painted gypsum board
0.15 mm polyethylene
38 mm x 89 mm wood frame
RSI 2.11 glass fibre insulation
bottom plate resting on concrete floor

2. Improved Standard I (Figure 2b)

Painted gypsum board
0.15 mm polyethylene
38 mm x 89 mm wood frame
RSI 2.11 glass fibre insulation
exterior 0.15 mm moisture barrier
bottom plate resting on concrete floor

3. Improved Standard II (Figure 2c)

Painted Densglas Gold™ board (see Note 1)
0.15 mm polyethylene air/vapor barrier
38 mm x 89 mm steel stud
RSI 2.11 glass fibre insulation
exterior 0.15 mm moisture barrier
bottom plate raised 19 mm off concrete floor

4. Improved Standard III (Figure 2d)

Painted Densglas Gold™ board
0.15 mm polyethylene air/vapor barrier
38 mm x 89 mm steel stud
RSI 2.11 glass fibre insulation
exterior 0.15 mm moisture barrier
framing spaced off 19 mm from concrete wall
bottom plate set 19 mm off floor

5. Proprietary Wall I (Figure 2e)

Painted Densglas Gold™ board
0.15 mm polyethylene air/vapor barrier
Perimate™ polystyrene insulation (see Note 2)

6. Proprietary Wall II (Figure 2f)

Owens rigid glass fibre insulation wall system

7. Improved Standard IV (Figure 2g)

Painted Densglas Gold™ board
0.15 mm polyethylene air/vapor barrier
38 mm x 89 mm wood frame
RSI 2.11 glass fibre insulation
no exterior moisture barrier
bottom plate set 19 mm off floor

8. Improved Standard V (Figure 2h)

Painted Densglas Gold™ board
0.15 mm polyethylene air/vapor barrier
38 mm x 89 mm wood frame
RSI 2.11 glass fibre insulation
exterior 0.15 mm moisture barrier
bottom plate resting on concrete floor

9. Improved Standard VI (Figure 2i)

Painted Densglas Gold™ board
0.15 mm polyethylene air/vapor barrier
38 mm x 89 mm wood frame
RSI 2.11 glass fibre insulation
exterior 0.15 mm moisture barrier
bottom plate set 19 mm off floor

10. Proprietary Wall III (Figure 2j)

Painted Densglas Gold™ board
0.15 mm polyethylene air/vapor barrier
38 mm x 89 mm wood frame
50 mm polyurethane sprayed insulation

Note 1. Densglas Gold™ is a trademark for a water resistant product, similar to gypsum board, produced by the Owens Corning company. The product contains chopped fibers which help to maintain structural integrity under high moisture conditions.

Note 2. Perimate™ is an extruded polystyrene insulation with vertical grooves that are intended to allow water to drain away from between the insulation and the wall onto which it is applied. The insulation is produced by the Dow Chemical company.

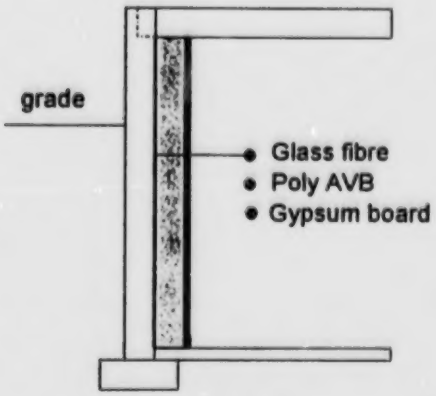


Fig.2a Test Panel 1 - Standard Wall with AVB Behind Gypsum Board.

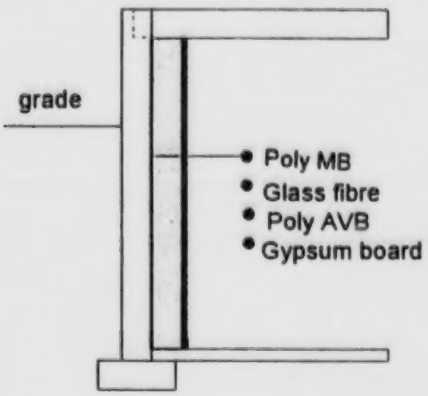


Fig.2b Test Panel 2 - Standard Wall, AVB Behind Gypsum Board and Against Basement Wall.

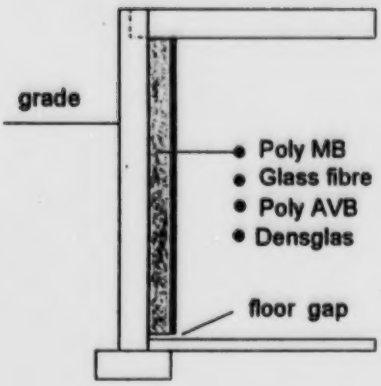


Fig.2c Test Panel 3 - Steel Stud Wall, Floor Gap, Poly Both Sides.

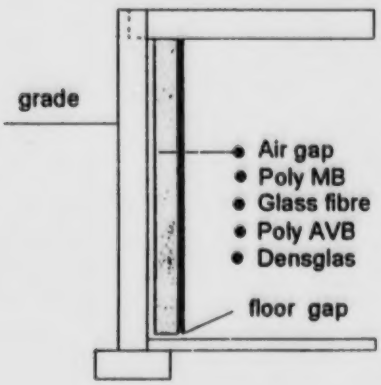


Fig.2d Test Panel 4 - Steel Stud Wall, Wall and Floor Gap, Poly Both Sides.

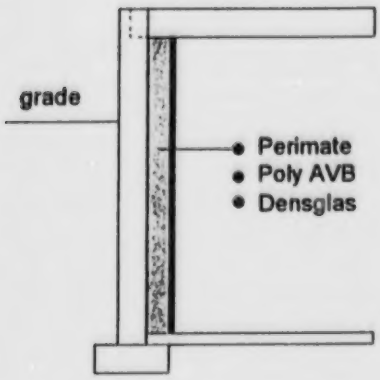


Fig.2e Test Panel 5 - Perimate Extruded Polystyrene with Poly and Densglas

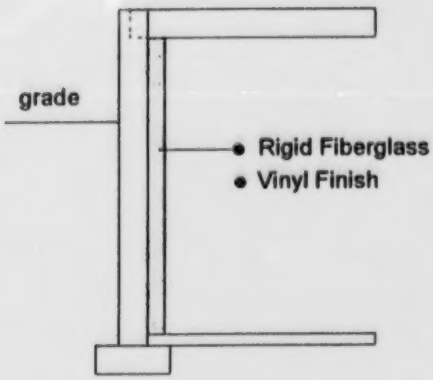


Fig.2f Test Panel 6 - Wall with Rigid Fiberglass and Vinyl Interior Finish.

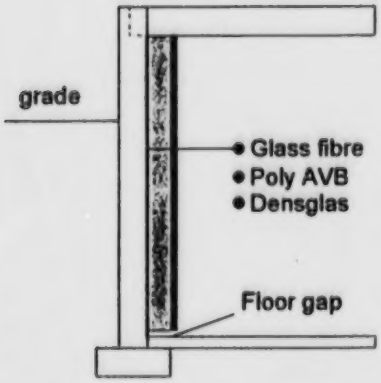


Fig 2g Test Panel 7 - Improved Standard with Poly, Densglas and a Floor Gap.

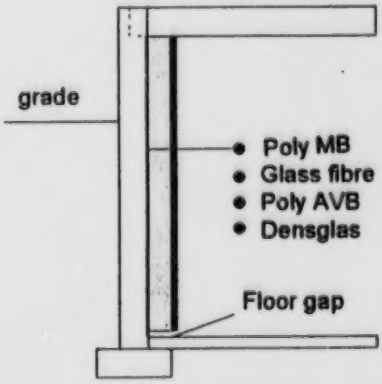


Fig 2h Test Panel 8 - Improved Standard with Poly Both Sides and a Floor Gap.

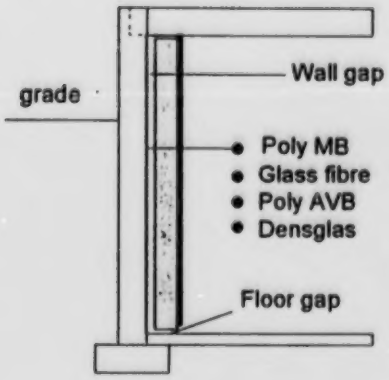


Fig 2i Test Panel 9 - Improved Standard with Poly Both Sides, Floor and Wall Gap.

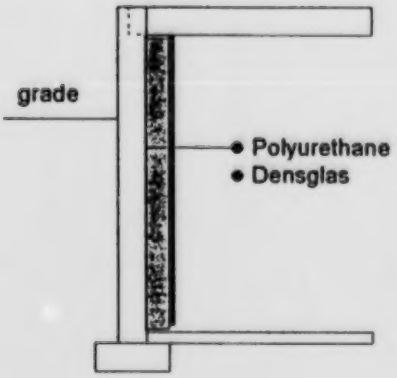


Fig 2j Test Panel 10 - Proprietary Wood Stud with Polyurethane Insulation, Densglas.

Instrumentation common to all wood framed walls included the following at mid wall height and 0.3 m above the basement floor as was indicated in Figure 1.

Surface moisture sensor (for detection of condensation on concrete wall)
Relative humidity sensor
Wood moisture pins
Thermocouple at each RH sensor and wood moisture sensor as well as at the location of the surface moisture sensor (total 3 per location)

Steel stud walls had the following instrumentation at mid wall height and 0.3 m above the basement floor.

Moisture sensor (for detection of condensation on concrete wall)
Relative humidity sensor
Thermocouple at RH and moisture sensor locations (total 2 per location)

Proprietary wall systems I and II had the following instrumentation at mid wall height and 0.3 m above the basement floor.

Moisture sensor (for detection of condensation on concrete wall)
Relative humidity sensor
Thermocouple at RH and moisture sensor locations (total 2 per location)

Note: Since there was no natural location for the RH sensors the insulation was hollowed out enough to provide a location for the sensor. This would have reduced the local thermal resistance at the location of the sensor but because basement walls are rarely perfectly flat, the sensor provided an indication of the RH at the interface between the insulation and the wall.

Note: Moisture sensors were installed behind each panel to detect condensation on the surface of the basement wall. No data is reported as all sensors indicated the presence of condensation throughout the duration of the study.

Proprietary wall system III (sprayed polyurethane) had only wood moisture pins and a thermocouple at 0.3 m and mid height. A relative humidity sensor was excluded since it would have been encased in foam during the installation.

Data acquisition was carried out using a computer controlled system with the capability of 126 individual inputs. The distribution of sensors was originally as follows:

Six channels per location in each of the wood framed wall sections
(total 12 per wall to be tested X five wood framed units = 60 channels)
Four channels per location in the steel stud unit
(total 8 per wall x 1 steel stud unit = 8 channels)
Four channels per location in each proprietary unit
(total 8 per wall x 2 units = 16 channels)
Basement air temperature (1 channel)
Basement RH (1 channel)

The number of channels required was increased with the addition of the polyurethane insulated panel prior to the flood test. This required an additional two channels for temperature measurements and two additional wood moisture measurements

Note that the wood moisture pins were multiplexed so as to make measurements of wood moisture content using only one lignometer. This served two purposes in that wood moisture measurements are notoriously unreliable and the use of one instrument for all measurements means that even if the absolute measurements of wood moisture are incorrect the relative measurements between panels are inherently valuable for the comparison of panel performance. The lignometer used was calibrated prior to use by drying samples of spruce lumber to zero moisture and then adding sufficient water to produce known moisture content by mass. After water addition the wood samples were stored in plastic containers for a sufficient time for moisture to diffuse throughout the samples.

Each sensor output was measured approximately 180 times per hour (one complete loop through all sensors required approximately 20 seconds) and the 180 readings for each sensor were averaged and stored.

As the test building has no domestic water source, water from the weeping tile surrounding the basement was collected and stored and used both for humidification and the controlled leaks. This meant that for the controlled leak experiments there was no chlorine present that could inhibit mold growth. For the basement flood experiment insufficient water was available from this source so chlorinated city water was hauled in by truck.

4. Experimental Results

4.1 Controlled Leak I

Instrumentation and calibration of sensors was completed early in September 1997 and the panels were ready to be mounted on the walls and wetted using a controlled leak. Due to a malfunction of the sump pump in the basement the water level rose and the panels were subjected to a basement flood. Note that the panels were not mounted on the walls during the time of the flood. The basement was emptied and the panels were left to dry for about two weeks. When the panels appeared to be dry they were mounted on the basement walls (October 13, 1997) and the controlled leaks were started. Each panel was fitted with a small access tube which allowed water to be dripped into the space between the panel and basement wall through a capillary tube. The capillary tubes were set to drip approximately once per second, inserted into the wall panels and left for 48 hours. At that time the control leak (an additional capillary tube placed in a beaker) indicated that approximately 4-6 liters of water had been run into each panel. The differences in panel response, in one respect, were quite evident at the end of the 48 hours . Panels where an exterior moisture barrier was present exhibited streams of water running down the concrete wall and onto the basement floor. At the end of the 48 hour period the leaks were stopped and the panels left to dry. In the following figures the controlled leak was terminated at day 8. Note that the basement relative humidity was very high, averaging approximately 70% during the next 2 weeks.

Figure 3 shows relative humidity measurements made at the lower of the two locations 0.3 m above the floor) in each panel as well as the room relative humidity. Initially, as indicated in the figure, there was initially very little potential for the panels to dry. With the high basement relative humidity and surface temperature of portions of uninsulated basement wall above grade below the dew point water condensed on the surface and ran down the wall to the basement floor. What was created in essence was a closed system in which control of the relative humidity was not possible. It was felt that the conditions created were not typical (unusually high relative humidity levels) so a high level opening in the structure was opened to increase the infiltration rate in the structure and increase the moisture removal rate . A high level opening in a structure has the effect of dramatically increasing infiltration rate and in doing so warm moist interior air is rapidly replaced with cooler outdoor air which, when heated to room temperature, has the capacity to absorb large amounts of moisture.

After ventilating the structure for a period of about two weeks the relative humidity was brought below 50% and continued ventilation eventually brought the humidity down to 10-15% (day 40). Drying of all panels, with the exception of Panels 1 and 5, was evident from that point onward. While Panels 1 and 5 did show some response to the changing room condition the response was much slower, presumably due to the lack of an external six mil barrier in Panel 1 which allowed water from the leak to thoroughly wet the wood framing members and insulation. In the case of Panel 5, the nature of polystyrene to impede the release of trapped moisture between the panel and the concrete wall resulted in continued high relative humidity.

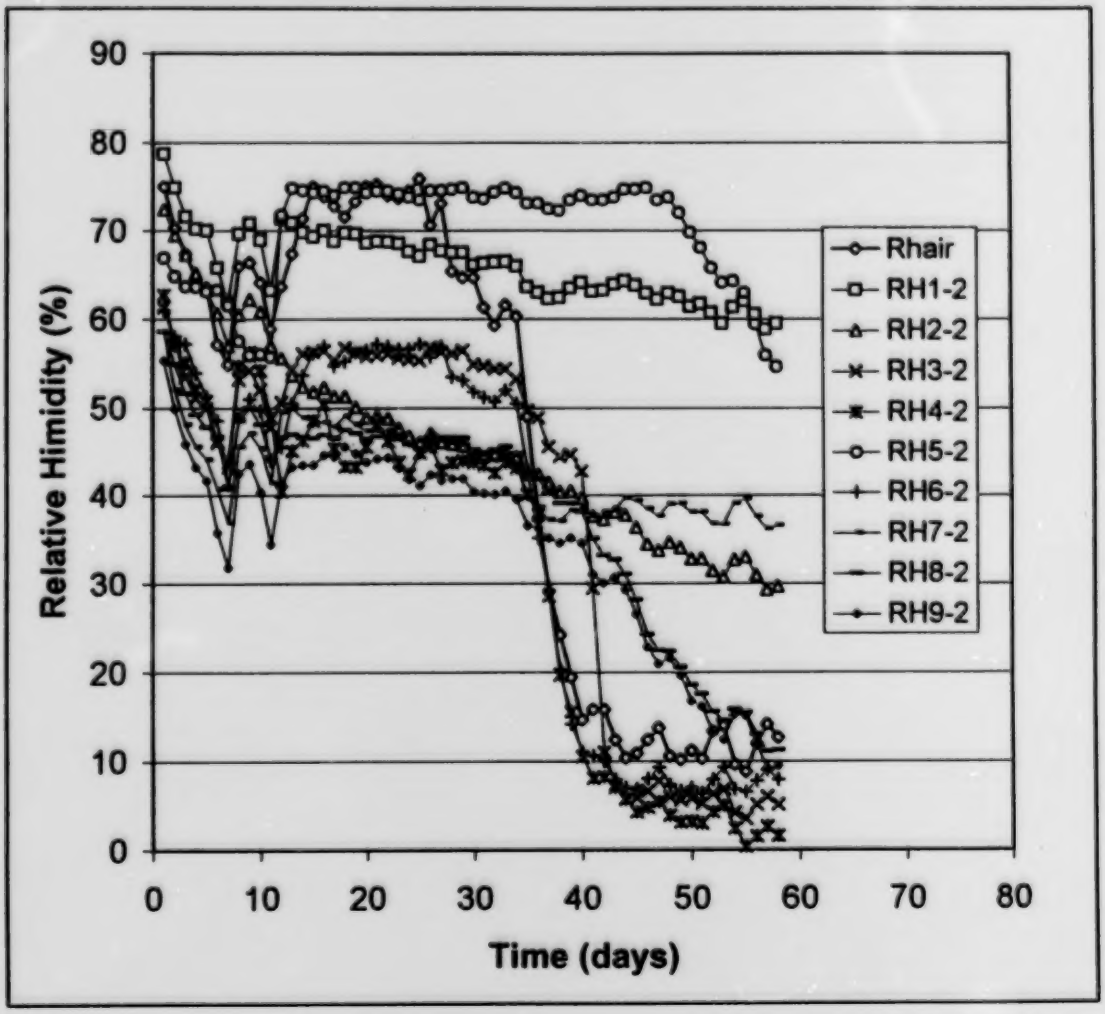


Figure 3 Relative Humidity Measurements in All Panels, Lower Location - First Leak

Panels 2 and 7, both wood framed showed an intermediate response with relative humidity at the lower location falling to approximately 35% by day 60. Panel 2 was constructed with the bottom plate resting on the concrete floor and Panel 7 with Densglas™ in place of gypsum board, had no external moisture barrier but did have the bottom plate stood off the basement floor. The remaining panels showed a rapid drop in humidity in response to the room humidity level.

Panel 3, steel studs, showed a rapid response to changes in room humidity levels. Humidity levels within the panel rose quickly with room levels, remained relatively constant while room levels were high, and dropped again rapidly when room levels were reduced. This result is consistent in that the steel stud panels have little capacity to store moisture unless the insulation becomes wet. With a controlled leak external to the moisture barrier the insulation was not expected to become wet as the water was released between the moisture barrier and the basement wall.

Panel 4, a second steel stud panel, showed a similar result. The difference between this and the previous panel was the stand off distance from the basement wall. As before the panel relative humidity closely followed the room trend. When the room humidity levels were reduced the panel humidity rapidly followed. It should be pointed out that this panel also had an external moisture barrier and as such it was not expected that the insulation would become wet.

Panel 6, showed a very rapid response to changing room conditions. The panel, rigid glass fiber with a vinyl finish, did not appear to retain moisture after the initial leak but instead appeared to reflect the room humidity levels. Thus the panel humidity was rapidly reduced along with room levels.

Panel 8, identical to Panel 7 with the exception of an external moisture barrier, showed the expected response to a leak external to the moisture barrier. Since the water was unable to penetrate the interior of the panel the surfaces were not wetted. Given that the wood was never wetted both the humidity levels and wood moisture measurements reflected room air humidity. Six weeks after the controlled leak, the moisture content of the wood at both measurement locations had dropped to approximately 15%.

Panel 9, was identical with panel 8 other than it was stood off the floor by 19 mm using wooden blocks. The use of an external moisture barrier prevented water from the leak from entering the cavities of the panel thus preventing the insulation from becoming wet. As a result the panel response was determined largely by the room conditions.

4.1.1 Wood Moisture Measurements

Figure 4 shows wood moisture measurements made at the center of the studs at a height of 0.3 m above the floor in the five wood framed panels. Panels 2 and 7 showed little reduction in moisture content over the duration. This trend is consistent with relative humidity measurements, made at the same location, which never dropped below 30%. The remaining three panels showed a drying response to lowered local relative humidity.

As was mentioned in the introduction the panels were periodically removed over the course of the study and a hand held wood moisture meter was used to evaluate the moisture content of the wood next to the concrete wall. At each examination wood moisture measurements were made at the locations shown in Figure 5. The results of the measurements from the first

controlled leak are summarized in Table 1. Note that the measurements were made approximately two months after the initial wetting.

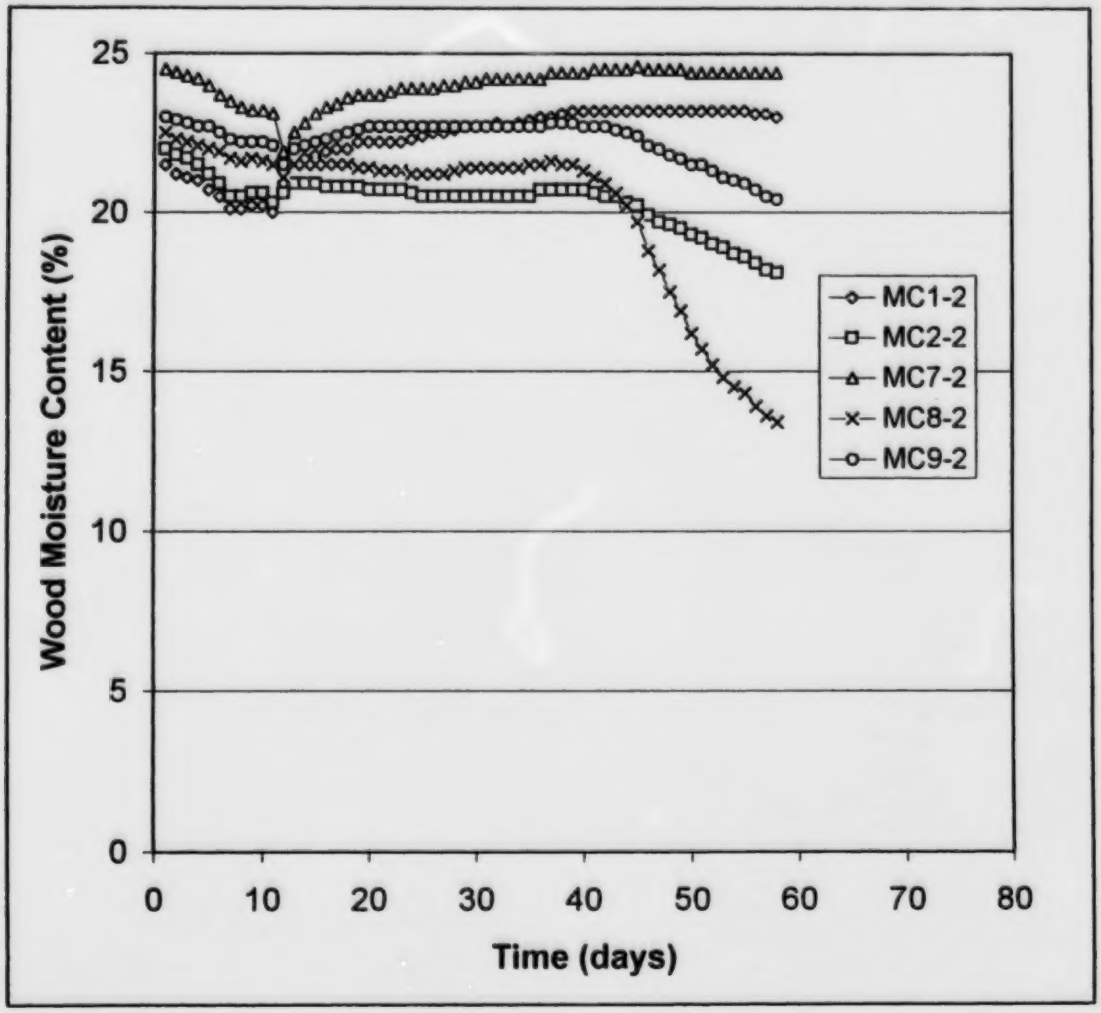


Figure 4 Wood Moisture Content Measurements at 0.3 m - First Leak

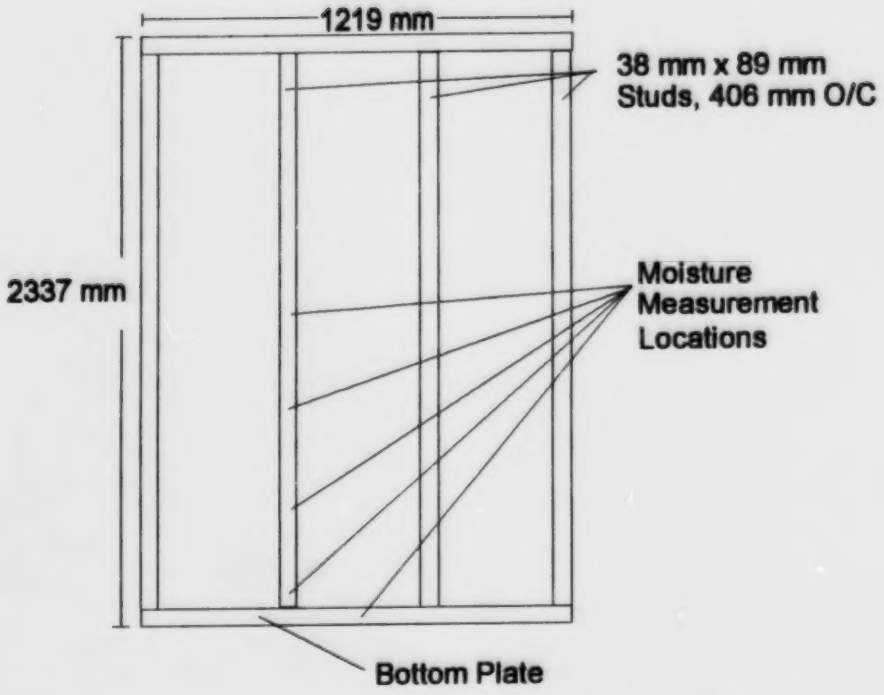


Figure 5 Typical Wood Frame Panel Construction Showing Measurement Locations of Moisture Content Measurements

Table 1 Wood Moisture Measurements - December 1997

	Bottom Plate	Stud (bottom plate)	Stud (300 mm)	Stud (600 mm)	Stud (1200 mm)
Panel 1- Standard	22-24%	20%	16%	12%	12%
Panel 2 - Improved Standard I	16%	14%	12-14%	14%	14%
Panel 7- Improved Standard IV	22%	24%	20%	12%	10%
Panel 8 - Improved Standard V	10%	10%	12%	12%	12%
Panel 9 - Improved Standard VI	16%	14%	12%	14%	12%

One must be a little cautious in interpreting the information in Table 1. During a controlled leak the potential for a panel to dry implies that the panel has actually been wet at some time. The location of the water leak was between the concrete basement wall and the back side of the panels. Some of the panels (2, 8 and 9) had a layer of polyethylene between the insulation and the concrete. Since the location of the leak was exterior to the polyethylene the water had a tendency to simply run down the outside of the plastic or the basement wall and exit the panel under the bottom plate. In contrast, panels 1 and 7 had no exterior moisture barrier and as such the water was free to wet both the insulation and the wood framing members. Since these panels were effectively wetted, it is not surprising that the measured wood moisture contents were significantly higher.

4.2 Controlled Leak II

In January 1998 the panels were sufficiently dry to repeat the controlled leak experiment. Since the initial wetting had produced no evidence of mold growth it was felt that the amount of moisture should be increased. The initial wetting took place over a two day period with about 2-3 litres per day being released behind each panel. In the second trial the water injection rate was held at 2-3 litres per day but the injection period was lengthened to seven days so that a total of 14-21 litres was released behind each panel. The controlled leaks were started on January 26, 1998 and terminated on February 2, 1998. In all cases the leak was evident during the injection process as water running on the basement floor below each panel. As before, the injection of water was stopped and the panels allowed to dry; in this case for a period of seven weeks.

Figure 6 shows the measured relative humidity within each panel at the lower location as well as the room condition. Note that over the entire test period the room relative humidity was held very close to 45%. Figure 7 shows wood moisture measurements, again at the lower location, in the five wood framed panels.

In Panel 1 the wood in the panel was initially dry (MC less than 15%) and at the mid height location remained dry. At the lower location the lack of a moisture barrier allowed liquid to penetrate and wet the insulation and bottom plate. Moisture content at 0.3 m above the floor rapidly rose to more than 20% and remained there for the duration of the test. The relative humidity at the same level rose to 60% and remained there as well.

Figures 6 and 7 show the effectiveness of an external moisture barrier in preventing water from entering the panel. Because the leak site was external to the moisture barrier the water simply ran down the polyethylene and out under the bottom plate. In Panel 2, wood moisture remained between 10 and 15% throughout the test and the relative humidity rose slowly in response to the constant 45% level in the room.

Panel 3, steel stud with a moisture barrier showed very similar results. With liquid unable to enter the panel, humidity levels were only dependent on room humidity levels. The humidity within the panel was consistently lower than room levels, an expected result since the cold basement wall surface would result in a strong vapor pressure gradient between the back side of the Densglas™/polyethylene plane (where the sensor was located) and the concrete wall.

Measurements made in Panel 4 shows that the stand off of the panel from the basement wall by 19 mm appears to have resulted in a lower vapor pressure gradient between the air vapor barrier and the moisture barrier increasing the coupling between the panel and the room condition. Thus relative humidity measured at the back side of the Densglas™ was higher than in the previous panel.

The relative humidity measured behind the Perimate™ extruded polystyrene panel remained at more than 70% throughout the duration, consistently higher than room levels. As was seen in the first controlled leak test the impermeable nature of the material results in water remaining between the panel and basement wall with little drying taking place.

Panel 6, rigid glass fibre with a vinyl finish surface, appeared to be little affected by the leak on the back side of the panel. While humidity levels rose initially in response to the leak, the panel responded with room humidity levels and the measurements being lower than room humidity would indicate that the vinyl cover is a barrier to vapor transport.

The line representing the response of Panel 7 in Figure 6 again points out the effectiveness of a moisture barrier in preventing liquid from entering or leaving a panel. The moisture content at 0.3m remained above 22% for the duration and showed no tendency to drop. Relative humidity at the 0.3 m level, like the wood moisture content, remained constant at 35% and showed no tendency to vary with the room condition.

Panel 8 wood moisture content at 0.3 m was initially less than 15%. After the controlled leak the moisture content at mid height rose approximately 2-3%, likely in response to room relative humidity while the 0.3 m level moisture (Figure 7) content rose by a greater amount, approximately 5%. The increase in wood moisture low in the panel could have been a response to room conditions or, more likely, the fact that the bottom plate was resting on the floor and was later determined to be quite wet.

Panel 9, wood framed and stood off the floor by 19mm, showed a flat response to the leak. The external moisture barrier prevented water from entering the panel and the 19 mm standoff prevented absorption from standing water on the floor during the wetting. As shown in Figure 7, there was little change in the wood moisture content and the relative humidity at mid height rose in response to the 40% room condition rather than in response to the leak.

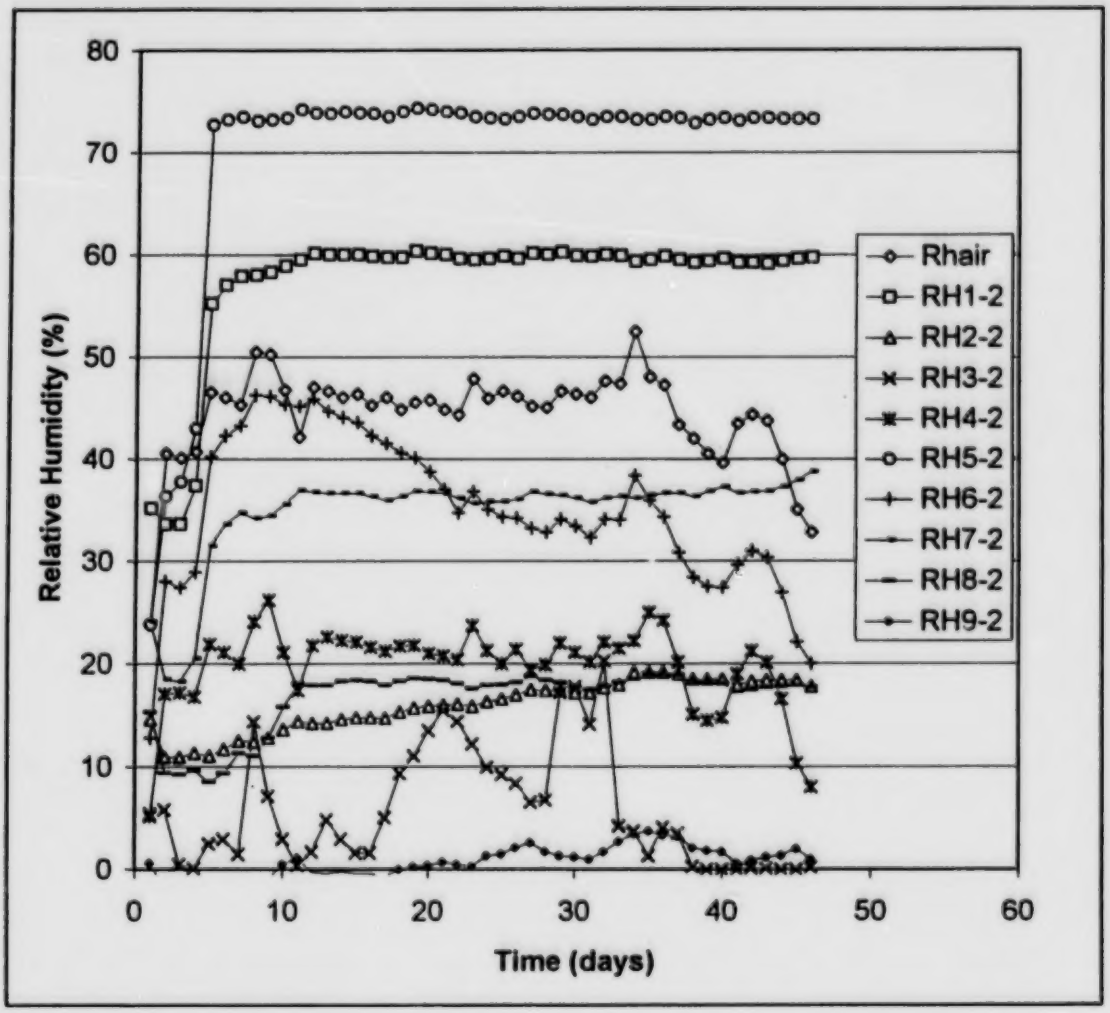


Figure 6 Relative Humidity Measurements at 0.3 m - Second Leak

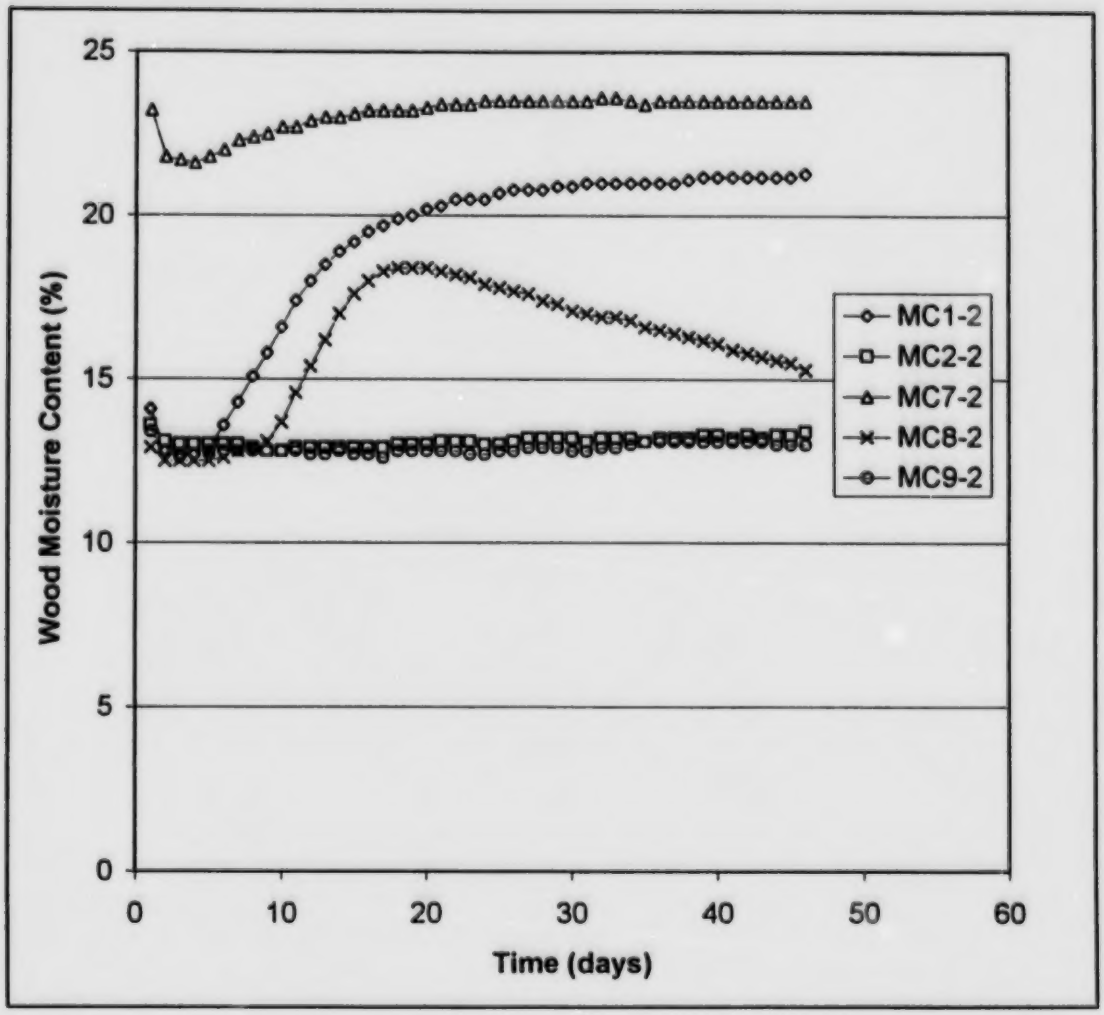


Figure 7 Wood Moisture Content Measurements at 0.3 m - Second Leak

4.2.1 Wood Moisture Measurements

After approximately one month the panels were again removed and wood moisture measurements again made at the locations shown in Figure 3. These results are summarized in Table 2. The moisture content of exposed wood in the basement was also measured for comparison purposes and averaged 6-8%.

Table 2 Wood Moisture Measurements - February 25, 1998

	Bottom Plate	Stud (bottom plate)	Stud (300 mm)	Stud (600 mm)	Stud (1200 mm)
Panel 1- Standard	21-22%	Not measured	16%	16%	14%
Panel 2 - Improved Standard I	10-12%	10%	Not measured	Not Measured	10%
Panel 7- Improved Standard IV	21%	21%	Not measured	18%	16%
Panel 8 - Improved Standard V	14-16%	14%	Not measured	12%	14%
Panel 9 - Improved Standard VI	10-12%	12%	Not measured	10%	12%

As was pointed out during the first controlled leak, one must be careful to differentiate between wetting potential and drying potential. Panels 2,8 and 9 had an exterior moisture barrier that prevented the leaking water from entering the cavities. Thus since they were never really wet it would be expected that the moisture contents would be lower than the two panels that had no barrier to moisture entry.

Observations made during visual examination of the panels were as follows:

Panel 1 - There was no visual evidence of mold growth although there was a slight discoloration of the bottom plate. Moisture measurements made on the upper surface of the bottom plate (where the insulation contacts) indicated 12-16%.

Panel 2 - The wood appeared to be dry as indicated by the moisture measurements. There was no visual evidence of mold growth.

Panel 3 - The panel appeared dry with no evidence of mold.

Panel 4 - Some efflorescence on the lower 450 mm of concrete was observed. The trail of crystals seemed to follow the path the water took from the injection point to where it ran out below the panel. Localized moisture was observed on the surface of the concrete wall. The fibreglass insulation was moist in the upper regions of the panel. It was felt that this was a result of condensation from the room moisture as the water was observed above the initial injection point.

Panel 5 - There was no visual evidence of mold growth although the concrete below the panel at the intersection of the floor and wall was obviously moist (dark colored).

Panel 6 - Some efflorescence evident near the location of the lower surface moisture sensor following the path the leak appeared to have run. The back surface of the wall material was dry to the touch.

Panel 7 - Some discoloration of the bottom plate and the lower 300 mm of the stud nearest the leak location. Removal of the glass fibre insulation indicated that the discoloration was only on the surfaces facing the concrete wall. Moisture content measured on the upper surface of the bottom plate, mid way between the studs indicated 18%.

Panel 8 - Although, as indicated in Table 2, the wood in the panel was reasonably dry, the concrete wall was wet over a large area (approximately 1 m in diameter) where the polyethylene and concrete had been in contact.

Panel 9 - This panel also appeared dry but as in the previous panel there was a large area of concrete which was wet to the touch and droplets were observed on the polyethylene facing the concrete. The wet area covered the central stud cavity from the floor to the approximate height of the controlled leak.

4.3 Basement Flood

Prior to initiating the basement flood experiment a tenth panel was added. The panel consisted of a wood 38 mm x 89 mm frame with approximately 50 mm of sprayed polyurethane insulation. The insulation was covered with 0.15 mm (six mil) polyethylene and Densglas Gold™. Instrumentation for this panel consisted of wood moisture at two locations and temperature measurements at the same locations.

Water, obtained from the Edmonton domestic supply, was hauled in by truck and pumped into the basement to a depth of approximately 100 mm on April 27, 1998. It was intended that the water would be left for five days and then pumped back out. Over the course of five days most of the water drained out through the weeping tile sump and the remaining was removed on the fifth day. This was not an unexpected result in that Alberta Building Code requires drainage tile to be placed at footing level and connected to a sump containing a submersible pump. Any water that collects at the footing is pumped out and away from the building. While the water was not pumped out in this case there was nothing preventing the water from draining back through the sump and weeping tile to the surrounding soil. At the end of the flood period the windows in the building were opened to enhance drying and the heating system fan was left running to promote circulation within the space. Relative humidity in the basement during the flood period was 80-90% and dropped to 70% shortly after the surface water was removed from the concrete floor. Opening windows and doors dropped the relative humidity to between 50 and 60% until early May when rains raised the ambient relative humidity to more than 70%. The panels were left over the summer period and into fall when ambient relative humidities dropped to levels that allowed drying of the structure.

4.3.1 Panel Relative Humidity and Wood Moisture Content

Figures 8 and 9 show measured relative humidity and wood moisture contents (wood framed panels only) at the 0.3 m height over the entire 200 day test period. Mid-height relative humidity and moisture content showed a much reduced response and have been included in the Appendix.

Three times over the 200 day period the panels were removed, wood moisture content manually measured, and visual inspection of the panels made. These results are discussed in the next section. The large gap in the data between day 100 and 140 was due to a shutdown of the data collection equipment over the mid summer period. The flood occurred between day 5 and 10 in the figure.

Measurements made Panel 1, wood framed with no exterior polyethylene moisture barrier, showed that immediately following the flood the relative humidity at both locations within the panel was approximately the same at between 60 and 70%. The levels remained high until midsummer (day 120-130) when the humidity at the upper location started to fall along with the room relative humidity. The lower location in the panel remained high throughout the test period and was still at more than 60% 200 days later. In a similar fashion the wood moisture measurements at the lower location (0.3 m above the floor) rapidly rose to nearly 40% MC and even after 200 days was between 25 and 30%.

The only difference between Panel 2 and the previous panel was the addition of a polyethylene sheet on the back side of the panel between the insulation and concrete. The addition of an external moisture barrier appeared to be of benefit, preventing some liquid from entering the panel. The evidence for this statement is in the rate at which the wood moisture content at the lower location rose, peaking about 10 days later than the first panel at a maximum of more than 30%. The final moisture content at 0.3 m was also lower; approximately 20% after 200 days.

The results obtained with a steel stud panel raised 19 mm above the basement floor and an external moisture barrier, Panel 3, showed that during the initial period after the flood the relative humidity within the panel rose to more than 50% and appeared to follow the room relative humidity. This is an expected result given that the steel stud construction has no ability to store moisture other than that in wet insulation. Over the summer period the panel dried and for the last two months of the test period the relative humidity was consistently below room humidity levels.

Panel 4, the second steel stud panel, showed a similar response. The only difference between this and the previous panel was that in addition to standing the panel off the floor it was also spaced 19 mm away from the basement wall. The initial relative humidity was lower, peaking near 50% and subsequently following room relative humidity. Over the course of the summer this panel dried out as the previous one did with interior relative humidity consistently lower than the room.

Figure 8 also shows the results obtained for the extruded polystyrene panel. It is interesting that the relative humidity rose very rapidly to more than 70% after the flood and, because the material is impermeable to moisture, remained very high for more than 3 months. The lower measurement location remained high from the outset and was still indicating more than 50% 200 days after the flood. While the indicated RH dropped in response to a decrease in room RH during the latter two and one half months the results point out that the removal of trapped moisture behind an impermeable barrier is a very slow process.

Measurements obtained with the proprietary wall system consisting of rigid glass fibre and a prefinished vinyl cover, produced by Owens Corning, showed that the relative humidity peaked at less than 50% and very rapidly fell, in response to room variations, to 10-20% below room conditions. The communication with the room would indicate that the effects of a leak or a flood could be rapidly dealt with by lowering room relative humidity through ventilation. The rapid response also indicates that the panel material does not retain a great deal of moisture and appears to drain rapidly after being wetted. This characteristic means the material does not provide a significant "source" of moisture as was seen in the first two wood framed panels.

Measurements made in wood framed panel 7 with poly on both the front and back sides are also shown in Figures 7 and 8. This panel is similar to panels 1 and 2 with two differences: Densglas™ was used in place of standard gypsum board and the panel was raised 19 mm off the floor using wooden blocks. The initial relative humidity rose to between 50 and 60% shortly after the flood and subsequently followed room relative humidity.

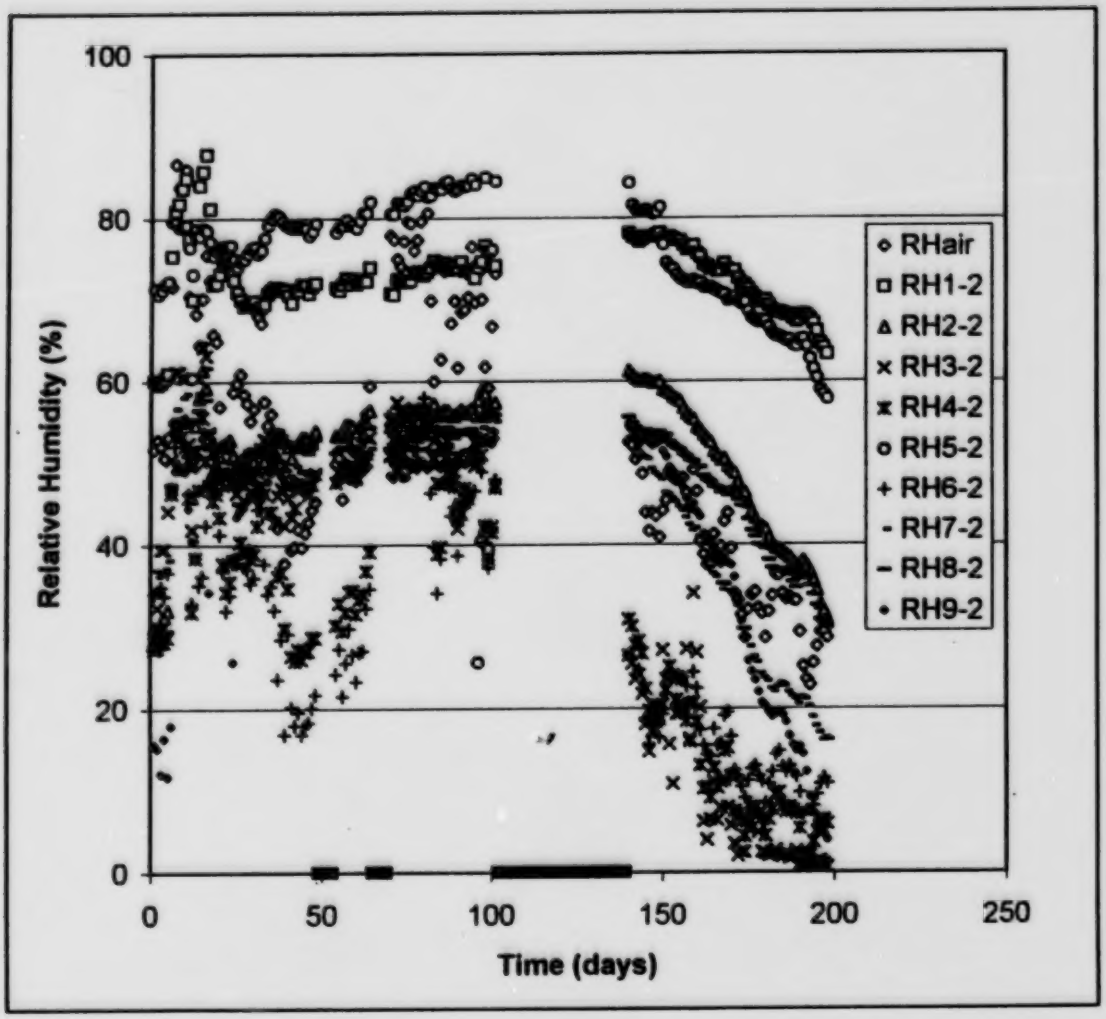


Figure 8 Relative Humidity Measurements at 0.3 m - Flood

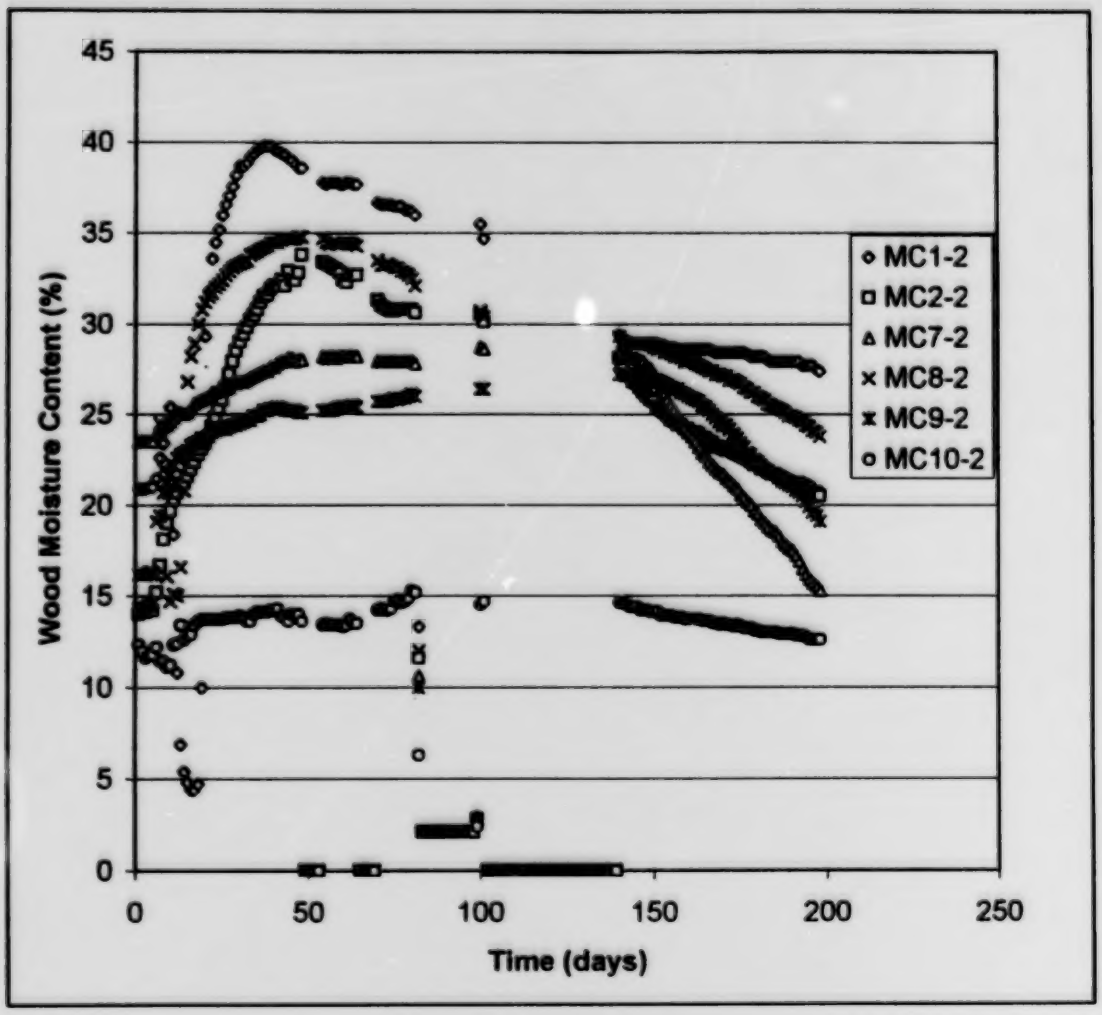


Figure 9 Wood Moisture Content Measurements at 0.3 m - Flood

Interior relative humidity remained high over the first 120 days and did not fall until the room humidity declined after day 140 in the figure. Moisture content in the lower portion of the panel remained above 25% for more than 150 days indicating that the wood provided a significant "source". The wood moisture content at 0.3 m dropped to approximately 15% after 200 days.

Panel 8 is similar to panels 2 and 7 in that it was wood framed with polyethylene on both sides of the insulation. It differed from panel 7 in that the lower plate was set directly on the concrete floor. Response of the panel was similar to Panel 7 in that the initial relative humidity levels were 50-60% and reflected room humidity. Initial wood moisture measurements were similar, peaking near 35% at the 0.3 m location and declining very slowly with time. The mid height wood moisture level at the end of the 200 day test period was virtually identical to panel 7 at 15% while the moisture content at 0.3 m, nearly 25% was significantly higher. It appears that setting the bottom plate on the concrete floor greatly inhibited the moisture removal process. This was substantiated through a visual inspection at day 200 which showed liquid water under the plate between the wood and polyethylene.

Panel 9 and Panel 7 were identical in construction with the only difference being that panel 9 was stood 19 mm off the wall in addition to the 19 mm floor stand off common to both. The response of Panel 9 was extremely close to Panel 7 indicating that little if any benefit was derived by standing the panel away from the concrete basement wall. The final moisture content at a height of 0.3 m above the floor was slightly higher, 18% vs 15% in Panel 7. Moisture content at mid height in both panels was virtually identical.

Panel 10 was somewhat unique in that the sprayed polyurethane foam bonds the framing members to the concrete wall. Thus the insulation cannot be removed for any type of inspection. Moisture pins, located at 0.3 m and mid height were installed prior to insulating and the process of spraying the insulation covered both the pins and the sides of the studs in what appears to be an impermeable membrane. This limits the number of pathways that moisture can take to enter the wood. Because the sides of the studs are sealed moisture must enter via the room face of the stud or the face adjoining the basement wall. It was expected that this would introduce a time delay in the response of the wood to changing conditions. This delay is evident in Figure 9 where the wood moisture content is seen to slowly rise in response to the flood. In a similar fashion the reduction in moisture content as the basement drys out is also slow as there is a limited area of exposed wood through which the moisture must migrate. It was interesting to note that during the visual inspection of the panels virtually no evidence of the flood was found.

Figure 10 shows a set of typical temperature measurements within Panel 1. Room air temperature was held constant at 21°C throughout the study and the temperatures within the panel changed in response to ambient conditions. Temperatures measured over the test period show the variation that would be expected given that the test spanned the period April to November. In the figure temperatures 1 and 2 were measured on the concrete surface at panel mid height and 0.3 m respectively. Temperatures 3 and 4 were measured at the same locations as the relative humidity sensors and temperatures 5 and 6 were measured at the locations of the wood moisture pins. Panel temperatures within the remaining panels were virtually identical as all wall systems had approximately the same thermal resistance.

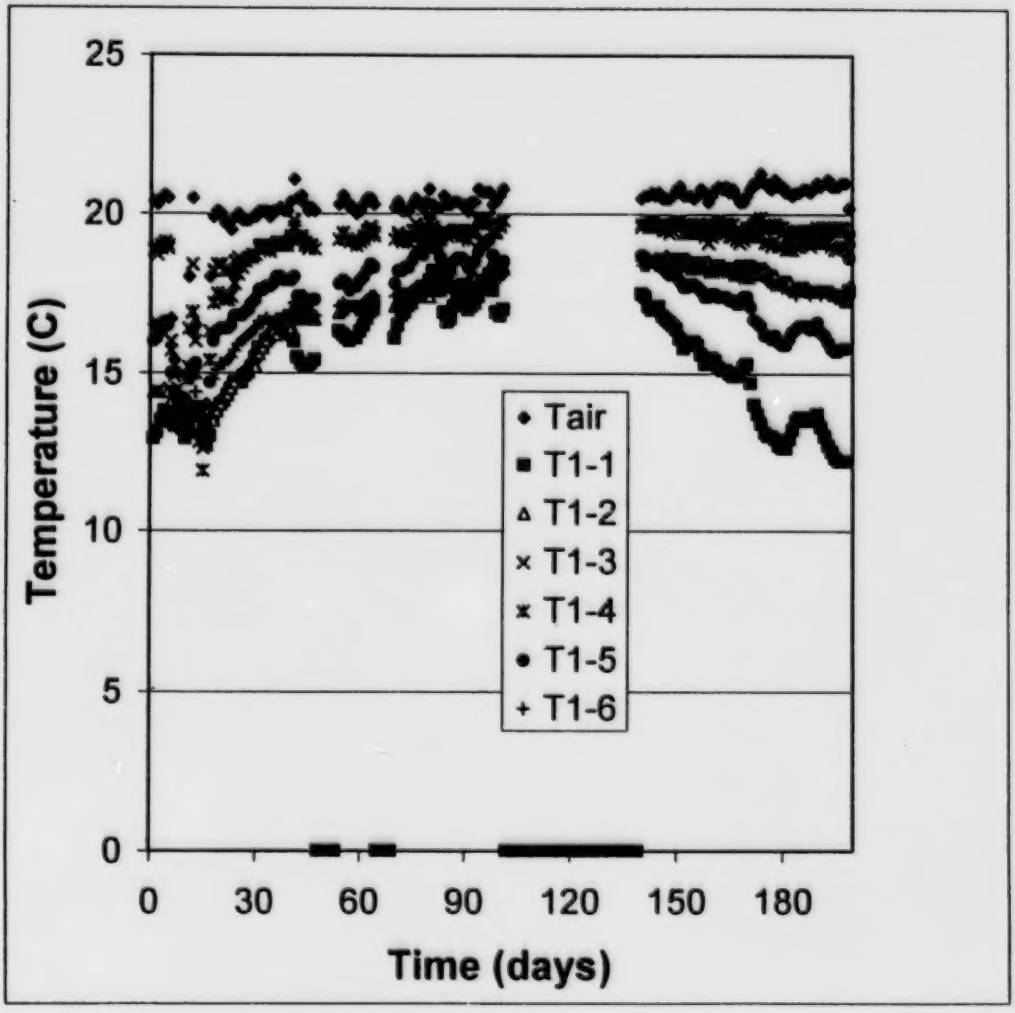


Figure 10 Measured Temperatures in Panel 1, April to November

4.3.2 Visual Panel Inspection and Manual Wood Moisture Measurements

To facilitate measurement of wood moisture measurement and visual observation the panels were removed three times during the study; June 2, July 22 and November 6, 1998. The results of the moisture measurements are shown in Tables 3,4 and 5. Observations corresponding to each date are included below each table.

Table 3 Wood Moisture Measurements - June 2, 1998

	Bottom Plate	Stud (bottom plate)	Stud (300 mm)	Stud (600 mm)	Stud (1200 mm)
Panel 1- Standard	>30%	>30%	22%	22%	Not measured
Panel 2 - Improved Standard I	>30%	>30%	22%	22%	Not measured
Panel 7- Improved Standard IV	>30%	30%	22%	22%	14%
Panel 8 - Improved Standard V	>30%	20%	14%	14%	Not measured
Panel 9 - Improved Standard VI	>30%	24%	14%	13%	Not measured
Panel 10 - Proprietary Wall III	12%	12%	10%	Not measured	Not Measured

Observations:

Prior to removing the panels the moisture content of studs exposed to the room but at a height of 1.5 m was measured. The average moisture content was 10-12%.

Panel 1 - Bottom plate appeared saturated (moisture content too high to read) along the full width. The insulation was wet up to the high water mark ~100 mm.

Panel 2 - Bottom plate showed nonuniform moisture content but appeared largely saturated. The insulation was wet to 100 mm+.

Panel 3 - The glass fibre insulation was wet to a height of 150 mm+ from the floor. Insulation within the bottom channel of the steel studs was saturated.

Panel 4 - The glass fibre insulation was wet to a height of 100-150 mm from the floor. Insulation within the bottom channel of the steel studs was saturated.

Panel 5 - Because the polystyrene insulation is impermeable to moisture there was no visible effect of the flood. The concrete wall and floor were obviously moist (dark) for 75-100 mm up the wall and out on the floor.

Panel 6 - The glass fibre material used in this panel did not appear to "wick" the moisture as badly as the batt type glass fibre. The bottom 25 mm of the panel was wet. It should be noted that the panel was never wetted to the 100 mm level as the bottom of the insulation was installed ~50mm above the concrete floor to allow space for the finish channel to which the floor molding is attached.

Panel 7 - The bottom plate and lower portion of the basement wall were obviously wet. There appeared to be some darkening of the bottom plate facing the wall. The glass fibre insulation was wet to a height of 150 mm.

Panel 8 - The insulation appeared wet to a height of 150 mm. The basement wall near the floor appeared a little less wet than other panels. The water line was not quite as distinct indicating that some drying was taking place or that the area had never been quite as wet (unlikely as there was nothing to prevent water from reaching the area).

Panel 9 - The insulation was soaked along the bottom plate and the middle cavity was wet to a height of 150 mm.

Panel 10 - Aside from the high water mark on the Densglas™ there was no evidence that the panel had been exposed to the flood.

Table 4 Wood Moisture Measurements - July 22, 1998

	Bottom Plate	Stud (bottom plate)	Stud (300 mm)	Stud (600 mm)	Stud (1200 mm)
Panel 1- Standard	>30%	22%	16%	14%	13%
Panel 2 - Improved Standard I	26%	>30%	16%	14%	14%
Panel 7- Improved Standard IV	26%	24%	20%	16%	14%
Panel 8 - Improved Standard V	>30%	>20%	16%	14%	14%
Panel 9 - Improved Standard VI	>30%	20%	15%	15%	12%
Panel 10 - Proprietary Wall III	Not measured	12%	Not measured	10%	Not measured

Observations:

Panel 1 - The bottom plate of the panel was still wet with the insulation also wet where it contacted the upper surface of the plate. The plate felt spongy to the touch although no quantitative measure was attempted. There was a slight discoloration on the upper surface of the plate where it was in contact with the insulation.

Panel 2 - The bottom plate and center cavity still appeared to be wet. The upper surface of the plate, where in contact with the insulation, showed some dark patches.

Panel 3 - The panel showed nonuniform drying in that one outer stud cavity appeared dry where as the insulation in the other outer stud cavity was still wet enough to leave a moisture mark on the concrete wall.

Panel 4 - This panel appeared to show that drying was progressing from the outer stud cavities to the center. The center cavity insulation was still soaked near the floor.

Panel 5 - Not Removed

Panel 6 - Not Removed

Panel 7 - The insulation within the center stud space was still soaked at the bottom. The two outer stud spaces had wet insulation but not soaked. Some blackening of the top surface of the plate within the center stud cavity was observed.

Panel 8 - The concrete floor was still soaked beneath the bottom plate. The insulation was still wet in all three stud spaces. The bottom plate appeared to be wet.

Panel 9 - The bottom plate appeared to be wet and the insulation was obviously wet at the bottom of each stud space.

Panel 10 - No change from the previous examination - panel appeared dry.

Table 5 Wood Moisture Measurements - November 6, 1998

	Bottom Plate	Stud (bottom plate)	Stud (300 mm)	Stud (600 mm)	Stud (1200 mm)
Panel 1- Standard	20-22%	Not measured	14%	12-14%	10-12%
Panel 2 - Improved Standard I	18-20%	14%	10-12%	10-12%	12%
Panel 7- Improved Standard IV	10%	10%	8%	8-10%	10%
Panel 8 - Improved Standard V	16%	16%	12%	10%	8-10%
Panel 9 - Improved Standard VI	12%	12%	8-10%	8-10%	Not measured
Panel 10 - Proprietary Wall III	Not measured - Panel left open since last observation				

Note: Average moisture content of exposed wood in basement was 6-8%.

Observations:

Panel 1- No obvious growth of mold was evident. All wood surfaces appeared dry to the touch.

Panel 2 - The upper surface of the bottom plate (where in contact with the insulation) appeared darkened.

Panel 3 - Insulation within the panel appeared dry with no evidence of mold.

Panel 4 - Panel appears dry with no evidence of mold growth.

Panel 5 - The floor below the polystyrene insulation still appears moist (darkened) although there was no evidence of mold growth.

Panel 6 - The backside of panel as well as the wall appeared dry.

Panel 7 - The insulation and bottom plate appear to be dry with no external evidence of mold growth.

Panel 8 - Liquid water was observed under the bottom plate where the polyethylene sheet was between the plate and the concrete floor. The insulation in contact with the bottom plate was stuck and had to be pulled away. There was some discoloration of the upper surface of the plate. Instrument wiring prevented the panel from being laid flat so the bottom surface of the plate was not examined.

Panel 9 - The panel appeared to be dry with some discoloration of the upper surface of the plate. The insulation was stuck to the plate and had to be pulled away for visual observation.

5. Conclusions

An eighteen month study into mitigating the problems associated with chronic wetting of basement wall assemblies was carried out at the Alberta Home Heating Research Facility. Ten wall panel types were utilized in the study. The wall types differed in the use of wood framing, steel stud construction or proprietary wall assemblies such as extruded polystyrene, rigid fiberglass or sprayed polyurethane. The use of external moisture barriers in conventional wood frame construction was examined to determine their effectiveness in keeping moisture out of the panels in the event of an external leak. Nine of the ten assemblies were subjected to controlled leakage such as might occur through a crack in a basement wall. The process was repeated twice with the wall panels allowed to dry after each controlled leak. At the end of the controlled leak studies all ten assemblies were subjected to a basement flood and monitored for an extended period to determine which construction techniques were most effective in drying. Measurements of relative humidity and wood moisture content within the panels pointed out several interesting findings.

1. Assemblies utilizing an external moisture barrier, or that were inherently moisture resistant (such as extruded polystyrene) were most effective in the case of a controlled leak. The water, leaked external to the moisture barrier simply ran down the wall, under the bottom plate and on to the basement floor. It was apparent that standing wood framed walls off the floor by a small amount reduced the amount of moisture absorbed by the bottom plate and allowed moisture to escape from behind the panel more easily.

2. Wood framed panels not utilizing an external moisture barrier were effectively wetted in a controlled leak and took extended periods of time to dry. The wet wood acted as a moisture source which kept the interior relative humidity higher than in a comparable steel framed panel.

3. Both proprietary systems tested, extruded polystyrene and rigid glass fibre, appeared to shed the moisture from a controlled leak. No visual evidence of mold or fungal growth was observed during the course of the study.

4. Wood framed test panels utilizing an external moisture barrier did not perform nearly as well

during a basement flood. Water found its way into the panels and, since the panels were effectively surrounded by an impermeable barrier, remained wet for extended periods.

5. The proprietary wall systems performed much better during a flood. They either drained very quickly and dried (rigid fibreglass) or did not absorb significant amounts of moisture initially (rigid polystyrene and sprayed polyurethane).

Appendix I

This appendix contains plots of relative humidity and moisture content measurements all panels at the mid-height location. As expected the response at about 1.2 m above the floor was significantly less than at the lower location (0.3 m above the floor). The figures are largely self explanatory and have been included only to complete the study documentation

List of Figures

Figure A1 Relative Humidity Measurements at Mid-Height - First Leak 36
Figure A2 Moisture Content at Mid-Height - First Leak 37
Figure A3 Relative Humidity Measurements at Mid-Height - Second Leak 38
Figure A4 Moisture Content at Mid-Height - Second Leak 39
Figure A5 Relative Humidity Measurements at Mid-Height - Flood 40
Figure A6 Moisture Content at Mid-Height - Flood 41

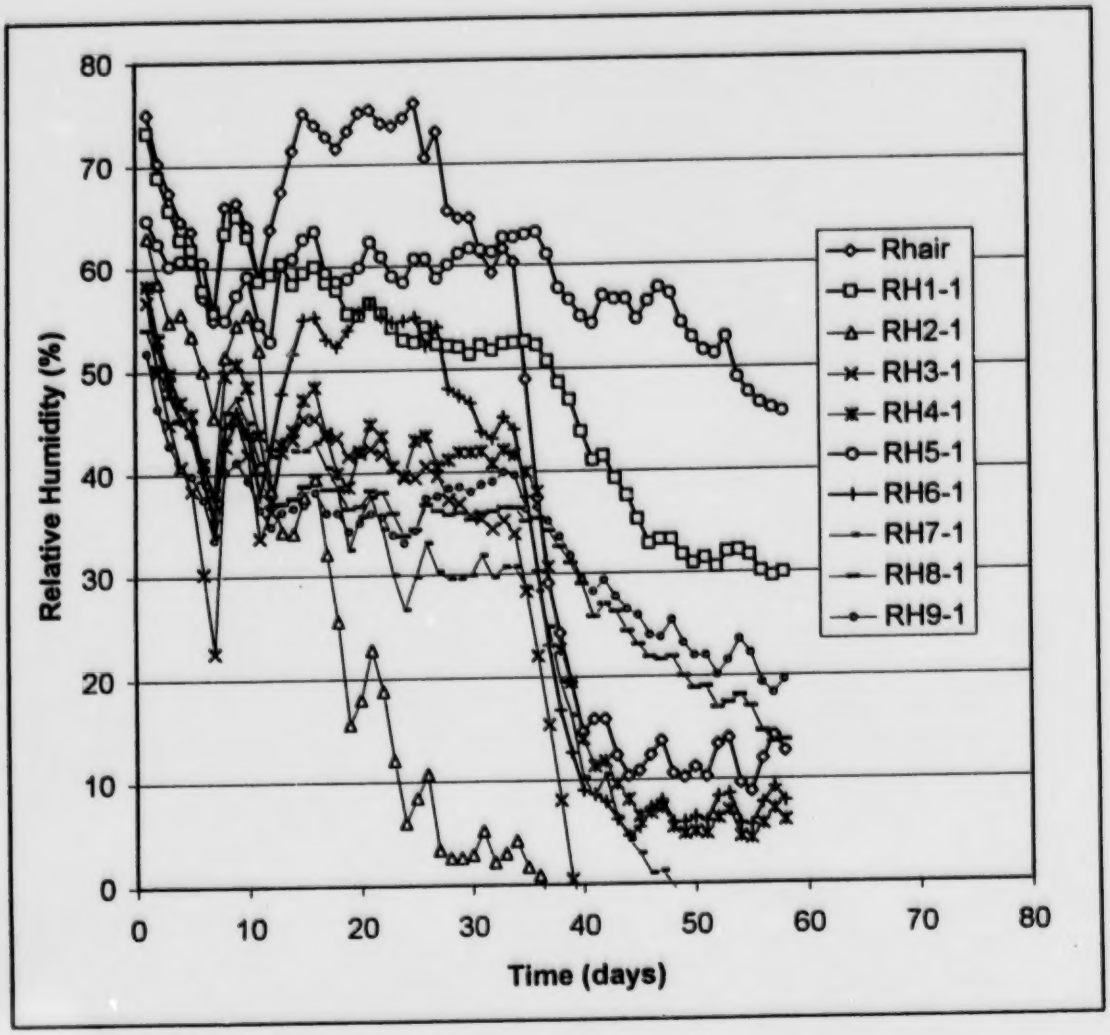


Figure A1 Relative Humidity Measurements at Mid-Height - First Leak

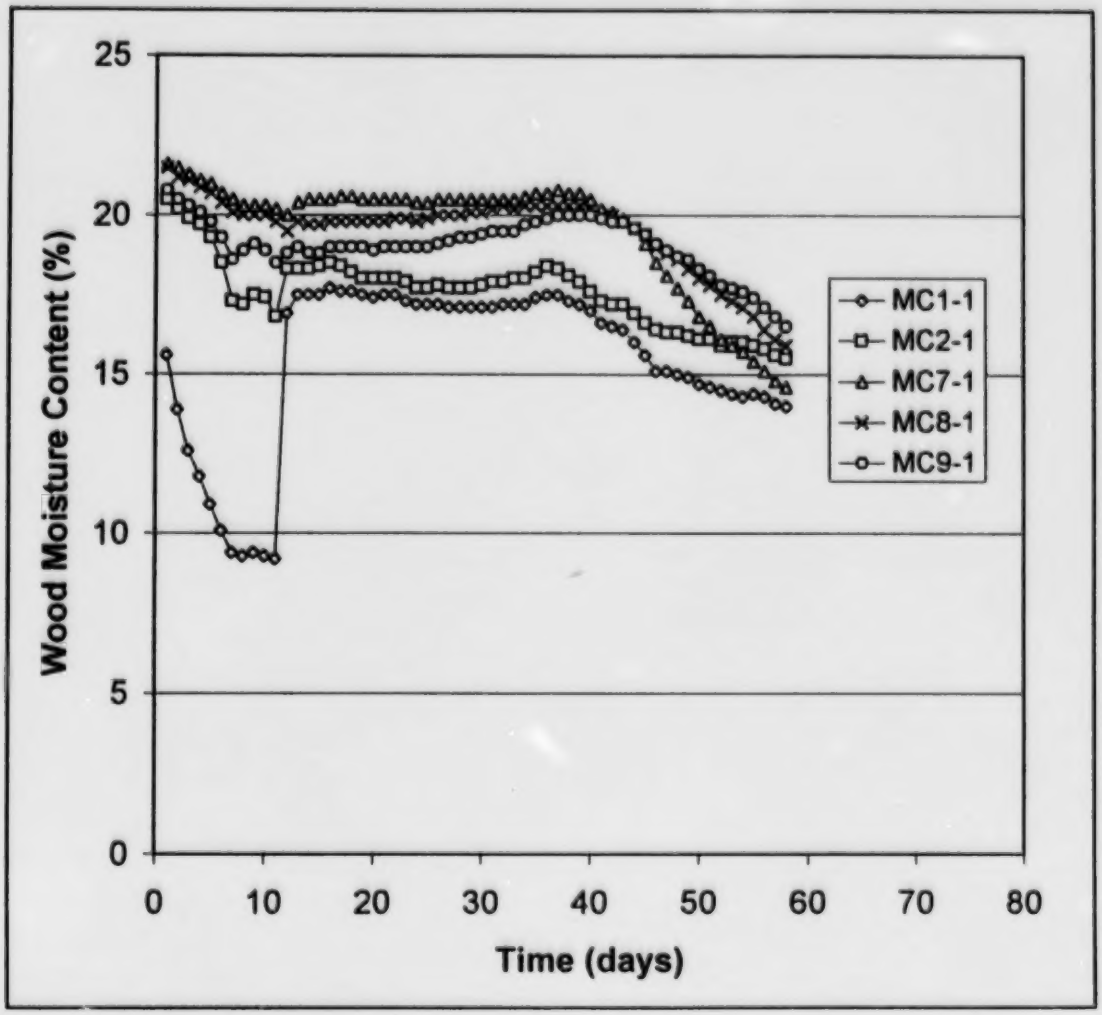


Figure A2 Moisture Content at Mid-Height - First Leak

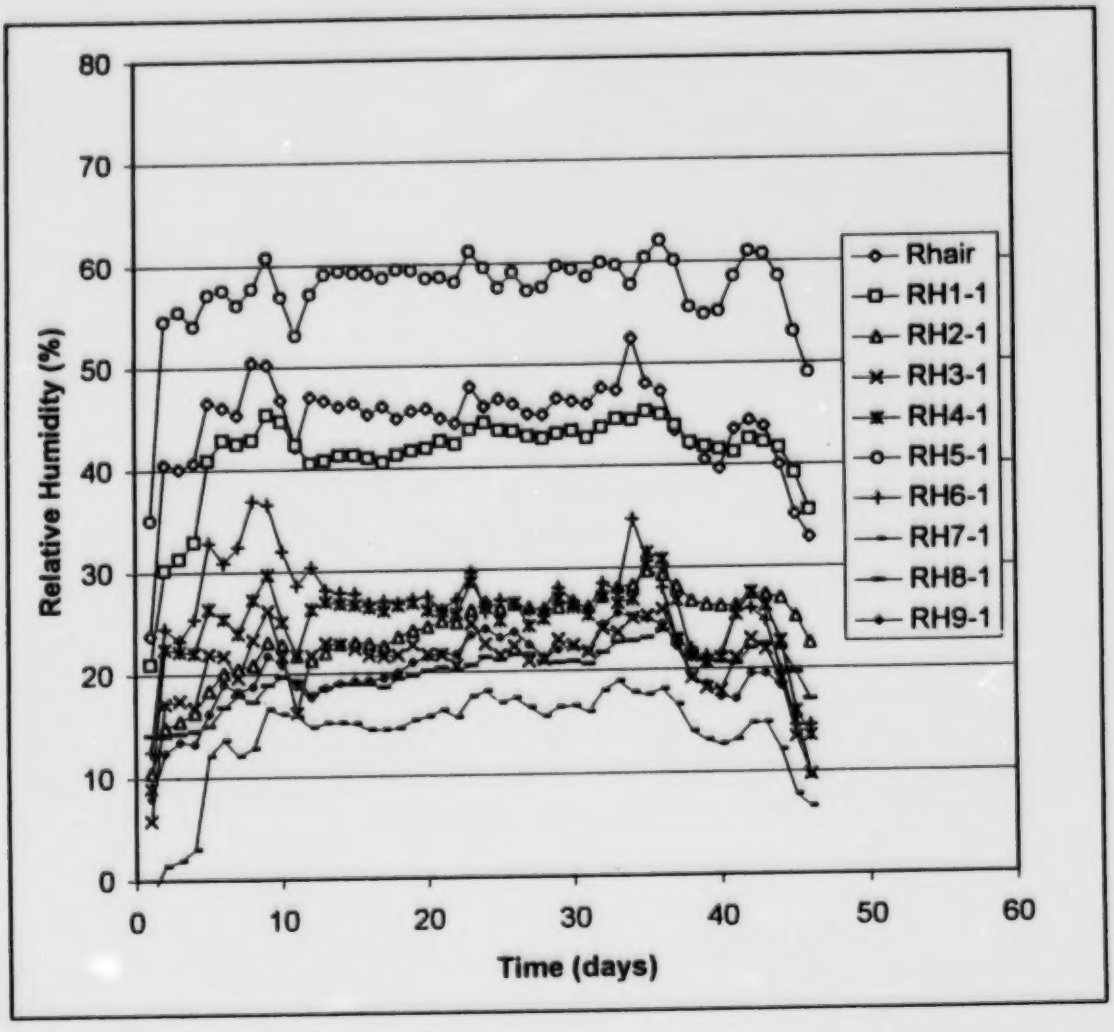


Figure A3 Relative Humidity Measurements at Mid-Height - Second Leak

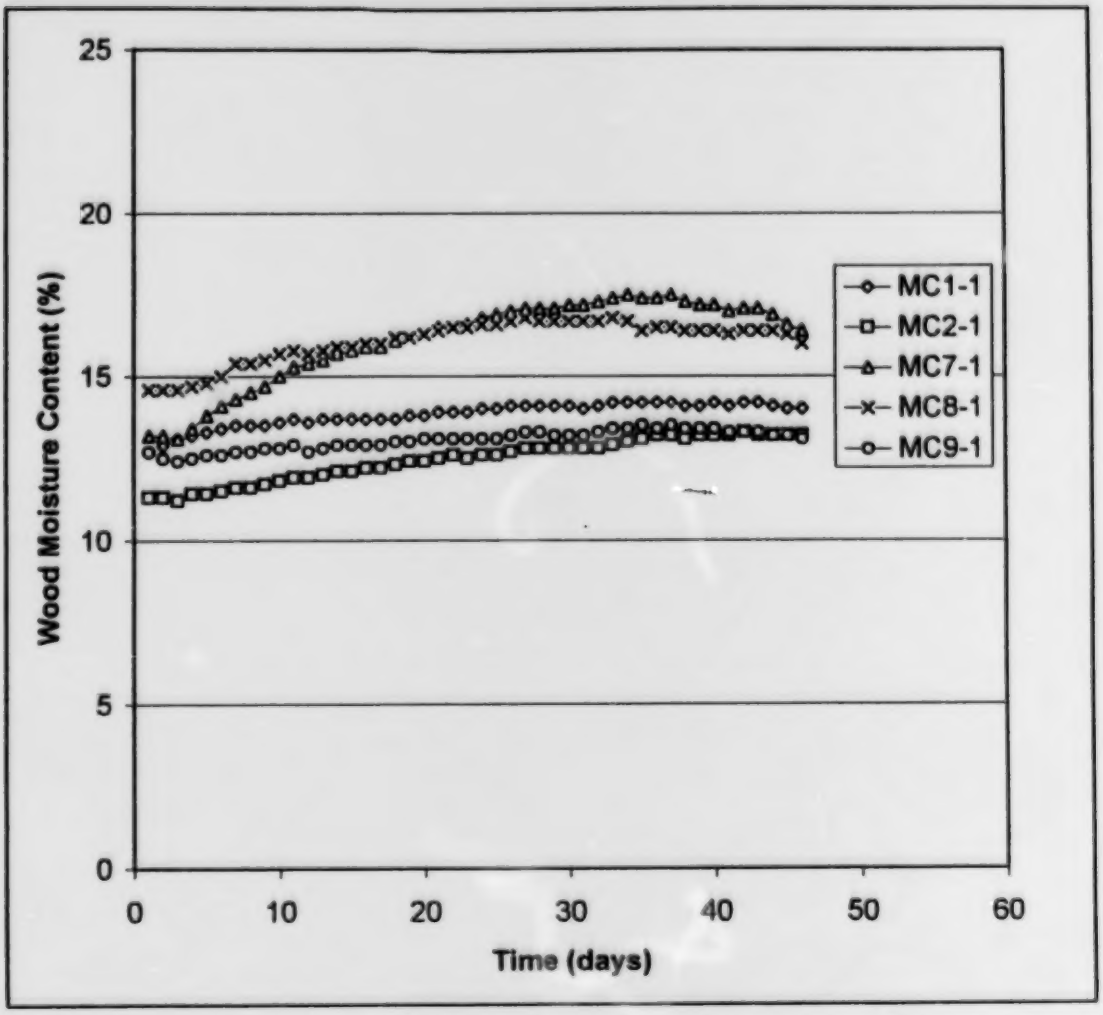


Figure A4 Moisture Content at Mid-Height - Second Leak

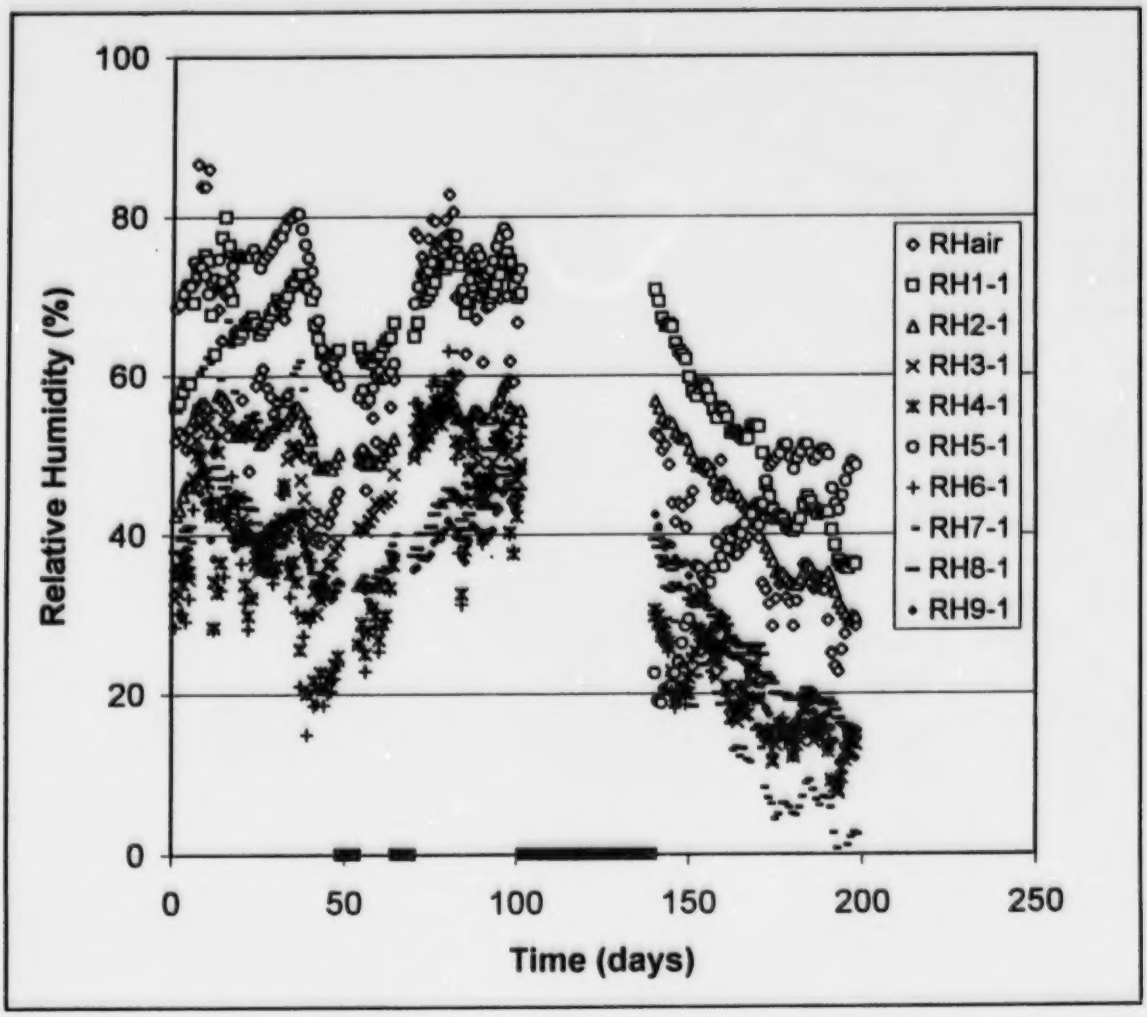


Figure A5 Relative Humidity Measurements at Mid-Height - Flood

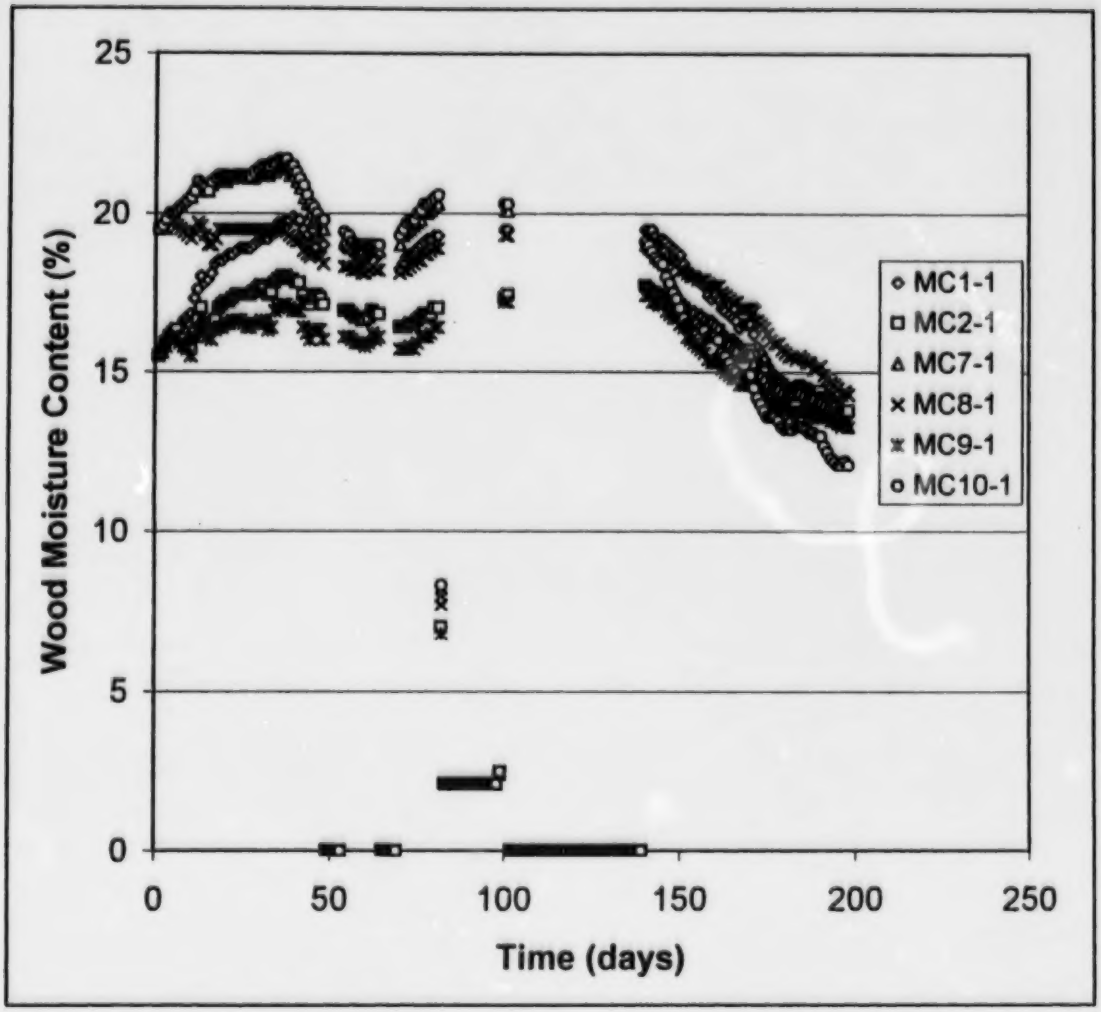


Figure A6 Moisture Content at Mid-Height - Flood

RAPPORT DE RECHERCHE

SÉCHAGE DES MURS DE SOUS-SOL

RAPPORT FINAL DU PROJET

SCHL CMHC

AU COEUR DE L'HABITATION

Canada

SCHL—Au cœur de l'habitation

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) est au cœur de l'habitation. Toutes ses activités visent à aider les Canadiens et les Canadiennes à vivre dans un logement sûr à tout point de vue.

À titre d'organisme national responsable du logement, la SCHL joue un rôle important dans le secteur canadien de l'habitation. Elle propose de nouvelles façons de financer l'achat des maisons. Elle favorise l'innovation dans le domaine de la technologie et de la conception des habitations. Grâce à son assurance prêt hypothécaire, elle aide les Canadiens et les Canadiennes à réaliser leur rêve et à posséder leur propre maison.

Les Canadiens et les Canadiennes tirent avantage de la collaboration de la SCHL avec ses partenaires des secteurs public, privé et sans but lucratif en vue d'améliorer la qualité et l'accessibilité des logements et de faire en sorte qu'ils soient plus abordables, partout au pays.

L'aide accordée par la SCHL permet aux ménages à faible revenu, aux aînés, aux personnes handicapées et aux Autochtones de vivre dans des logements convenables et abordables. La SCHL crée des emplois pour les Canadiens et les Canadiennes dans le domaine des produits et services en aidant le secteur de l'habitation à exporter ses connaissances et ses compétences dans d'autres pays.

Les recherches de pointe effectuées par la SCHL améliorent la qualité des logements et font en sorte que ceux-ci soient plus abordables. Afin d'aider les Canadiens et les Canadiennes à tirer profit de son savoir-faire dans le domaine de l'habitation et à prendre des décisions éclairées, la SCHL est devenue le plus important éditeur canadien de publications portant sur le logement. Elle possède également la collection la plus complète de documents sur l'habitat.

Les Canadiens et les Canadiennes peuvent avoir facilement accès à nos informations par l'entremise des points de vente et des bureaux régionaux de la SCHL.

Vous pouvez aussi communiquer avec nous par téléphone :
1 800 668-2642 [à l'extérieur du Canada : (613) 748-2003]
ou par télécopieur : (613) 748-4069.
Pour nous joindre en direct, visitez notre page d'accueil à l'adresse suivante : « www.cmhc-schl.gc.ca »

La Société canadienne d'hypothèques et de logement appuie la politique du gouvernement fédéral sur l'accès à l'information pour les personnes handicapées. Si vous désirez obtenir la présente publication en des médias substituts, composez le 1 800 668-2642.

SÉCHAGE DES MURS DE SOUS-SOL

Rapport final du projet

À l'intention de :

M. Don Fugler
Société canadienne d'hypothèques et de logement
Ottawa (Ontario)

par

Tom W. Forest et Mark Y. Ackerman

Department of Mechanical Engineering
University of Alberta
Edmonton (Alberta)

Mars 1999

Sommaire

Une étude d'une durée de dix-huit mois a été amorcée pour évaluer les propriétés de séchage de 10 options d'ossature/isolation de murs de sous-sol après leur avoir fait subir une fuite contrôlée ou une inondation de courte durée. Elle a porté sur une construction classique à ossature de bois, une construction à ossature d'acier et trois assemblages brevetés. Au nombre des assemblages brevetés se trouvait un nouveau produit de Owens Corning, assemblage de fibre de verre rigide revêtu de vinyle, pouvant être installé sans ossature de bois ou d'acier, un assemblage avec isolation de polystyrène extrudé, Perimate[MC] de Dow, et un isolant vaporisé sur place. Cinq variantes d'une ossature classique à poteaux de bois ont été évaluées. Les différences évaluées variaient entre l'utilisation d'un pare-vapeur externe et la construction de l'ossature à une certaine distance des murs et planchers, et l'utilisation de Densglas[MC] au lieu de plaques de plâtre. Les deux assemblages à poteaux d'acier différaient seulement sur le plan de la distance du mur de sous-sol.

En règle générale, tous les assemblages muraux brevetés ont été plus performants que les assemblages à ossature de bois ou d'acier. Soit que les assemblages n'ont pas absorbé suffisamment de vapeur d'eau, soit qu'ils ont séché relativement vite après le mouillage, que la source d'eau soit une fuite contrôlée ou une inondation de courte durée.

Les assemblages à poteaux d'acier étaient plus performants que les poteaux de bois dans le cas d'une saturation de courte durée. Comme les poteaux d'acier ne peuvent pas retenir l'eau, ils ont séché plus rapidement que les assemblages de bois.

Aucun des assemblages de bois ne semblait supérieur aux autres dans les deux cas, qu'il s'agisse d'une fuite ou d'une inondation. En ce qui concerne la fuite contrôlée, comme elle pourrait survenir par une fissure dans un mur de sous-sol, les assemblages qui n'étaient pas dotés d'un pare-vapeur externe ont fait couler l'eau le long du mur, sous la lisse basse et dans le sous-sol. Parce que ces assemblages n'ont jamais vraiment été mouillés, leur performance est apparue supérieure. Lorsque la source d'eau était une inondation, le contraire était vrai. Il n'était pas possible de "sceller" les panneaux, bien qu'aucun effort n'ait été fourni en ce sens. Lorsque debout dans 100 mm d'eau durant une "inondation", l'eau s'est infiltrée dans tous les panneaux, qu'il y ait un pare-vapeur ou non. Une fois imbibée, l'humidité est demeurée plus longtemps dans les panneaux dotés d'un pare-vapeur. Autrement dit, le pare-vapeur entrave l'extraction de la vapeur d'eau.

Outre le noircissement de la lisse basse de deux panneaux à ossature de bois, l'étude n'a pas produit beaucoup de moisissure ou de mildiou. Pourtant, les conditions étaient généralement propices, l'humidité superficielle et la teneur en humidité du bois dépassaient 25 % pendant des mois, mais aucune infestation ne s'est manifestée. Ce pourrait être attribuable à l'absence de spores, qui doivent être présentes pour déclencher la croissance.

Tableau des matières page

Sommaire i

Liste des figures iii

Liste des tableaux iii

1. Aperçu du projet 1

2. Méthodologie 1

3. Assemblages testés 3

4. Résultats des expériences 10

4.1 Fuite contrôlée I 10

4.1.1 Mesures d'humidité du bois 12

4.2 Fuite contrôlée II 16

4.2.1 Mesures d'humidité du bois 20

4.3 Inondation du sous-sol 22

4.3.1 Humidité relative, température et teneur en humidité du bois des panneaux 22

4.3.2 Inspection visuelle des panneaux et mesures d'humidité du bois 29

5. Conclusions 34

Annexe I – Schémas de mesures prises à mi-hauteur des panneaux .. 35

Liste des figures page

Figure 1 Emplacements de détecteurs sur un panneau d'essai type. 2

Figure 2a Panneau d'essai 1 – Mur ordinaire mur avec PVA derrière plaques de plâtre 5

Figure 2b Panneau d'essai 2 - Mur ordinaire avec PVA derrière plaques de plâtre et contre le mur du sous-sol 5

Figure 2c Panneau d'essai 3 - Mur à poteaux d'acier, écart du plancher, poly des deux côtés 5

Figure 2d Panneau d'essai 4 - Mur à poteaux d'acier, écart du mur et du plancher, poly des deux côtés 5

Figure 2e Panneau d'essai 5 – Polystyrène extrudé Perimate avec poly et Densglas 6

Figure 2f Panneau d'essai 6 - Mur avec fibre de verre rigide et revêtement intérieur de vinyle 6

Figure 2g Panneau d'essai 7 - Amélioré ordinaire avec poly, Densglas et écart du plancher 6

Figure 2h Panneau d'essai 8 - Amélioré ordinaire avec poly des deux côté et écart du plancher 6

Figure 2i Panneau d'essai 9 - Amélioré ordinaire avec poly des deux côtés, plancher et écart du mur 7

Figure 2j Panneau d'essai 10 – Breveté à ossature de bois avec isolant de polyuréthane, Densglas 7

Figure 3 Mesures d'humidité relative à 0,3 m - Première fuite 11

Figure 4 Mesures de teneur en humidité du bois à 0,3 m - Première fuite 13

Figure 5 Construction type de panneau à ossature de bois où sont indiqués les points e mesure de la teneur en humidité 14

Figure 6 Mesures d'humidité relative at 0,3 m - Deuxième fuite 18

Figure 7 Mesures de teneur en humidité du bois à 0,3 m - Deuxième fuite 19

Figure 8 Mesures d'humidité relative at 0,3 m – Inondation 24

Figure 9 Mesures de teneur en humidité du bois à 0,3 m - Inondation 25

Figure 10 Mesures de température dans le panneau 1, avril à novembre 28

Liste des tableaux page

Tableau 1 - Mesures d'humidité du bois – Décembre 1997. 15

Tableau 2 - Mesures d'humidité du bois – 25 février 1998. 20

Tableau 3 - Mesures d'humidité du bois – 2 juin 1998. 29

Tableau 4 - Mesures d'humidité du bois – 22 juillet 1998. 31

Tableau 5 - Mesures d'humidité du bois – 6 novembre1998. 33

1. Aperçu du projet

L'étude avait pour objet d'exécuter des essais sur des assemblages de murs de sous-sol afin de repérer ceux qui sèchent rapidement et ne favorisent pas la croissance de moisissures lorsqu'ils sont assujettis à des épisodes de mouillage intermittents. Ces épisodes de mouillage ont pris la forme d'une fuite contrôlée derrière chacun des panneaux d'essai ou d'une saturation ou "inondation" de tous les panneaux jusqu'à une profondeur d'environ 100 mm. Après chaque mouillage, les panneaux ont été contrôlés pendant des mois pour en établir les caractéristiques de séchage. À certains intervalles, chaque panneau a été retiré et son état a été observé à l'œil nu. Durant l'observation, un humidimètre à main a servi à déterminer la teneur en humidité près de la surface à certains points sélectionnés.

2. Méthodologie

Le projet comportait des essais complets et la collecte de données dans une installation réservée à cette fin, pour déterminer quels assemblages muraux sèchent assez rapidement pour prévenir la croissance de moisissure. L'instrumentation propre au mesurage de la teneur en humidité et de la température (teneur en humidité du bois, teneur en humidité en surface ou humidité relative) a été installée sur chacun des panneaux, aux points sélectionnés dans la cavité murale, pour déterminer le potentiel de croissance de moisissure. Comme cas de référence, un assemblage mural "ordinaire" construit de poteaux de 38 x 89 mm (2 x 4) avec isolation en fibre de verre entre le mur de sous-sol en béton et le revêtement de base intérieur a été assujetti à une fuite d'eau à mi-hauteur. Des détecteurs ont été posés à divers points dans la cavité murale comme l'indique la figure 1. À chaque point de mouillage, un détecteur d'humidité superficielle et un thermocouple ont été placés sur le mur de sous-sol en béton, des sondes d'humidimètre à bois et un thermocouple à deux niveaux sur un des poteaux intérieurs, et un détecteur d'humidité relative et un thermocouple ont été placés du côté de la cavité du revêtement de base intérieur. Avec ces mesures, chacune des régions a été contrôlée pour la présence de conditions propices à la croissance de moisissure. Chaque panneau a été retiré et inspecté périodiquement pour voir s'il y avait des signes de moisissure.

Neuf panneaux muraux avaient été installés à l'origine dans le sous-sol de la maison n° 2 au Alberta Home Heating Research Facility. L'installation consiste en six habitations côte-à-côte, en rangée orientée d'est en ouest; les dimensions sur plan de chacune sont de 6,7 m x 7,3 m (22 pi x 24 pi) et le sous-sol pleine hauteur avec plancher-dalle de béton coulé mesure 2,4 m – 8 pi). Avant le début de l'étude, il n'y avait pas d'isolant dans le sous-sol, ni sur l'extérieur ni sur l'intérieur. Les panneaux muraux se trouvaient sur les murs de sous-sol est, ouest et nord, afin d'éviter toute complication pouvant résulter du chauffage solaire du côté sud de la maison. Durant les essais, l'intérieur de la maison, y compris la zone du sous-sol, a été conditionnée à une humidité relative type pour les sous-sols où il existe des problèmes de moisissure, i.e. dans les environs de 40 à 50 % d'humidité relative. La température de l'air du sous-sol a été établie à 20 ° C.

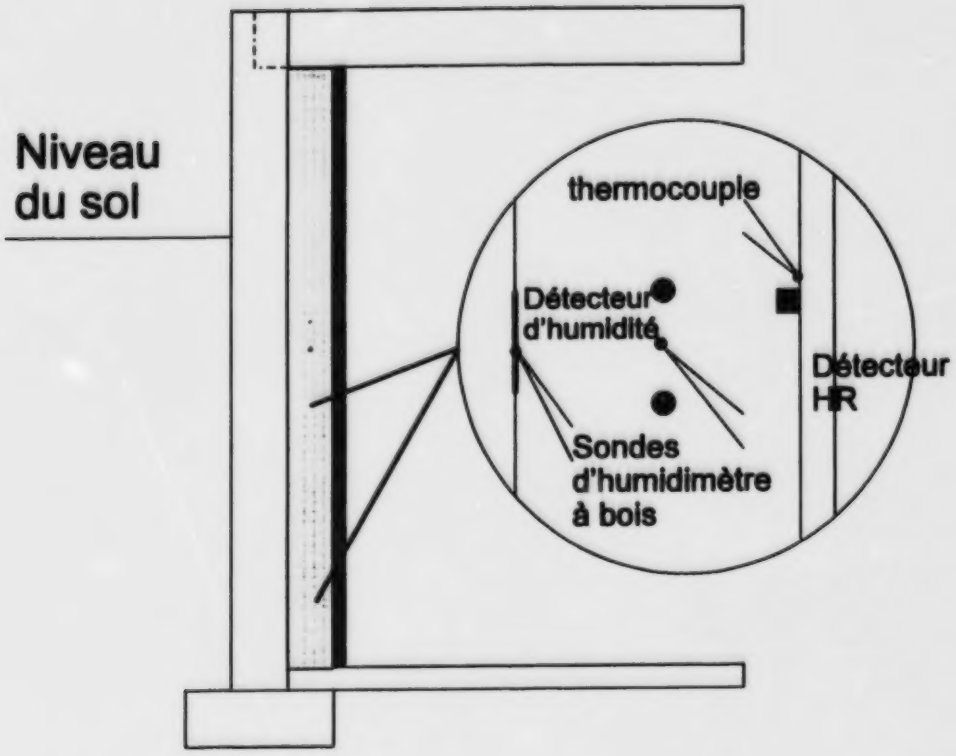


Figure 1 Emplacements de détecteurs sur un panneau d'essai type.

3. Assemblages muraux testés

Voici la liste des configurations murales testées durant l'étape de la fuite controlée de l'étude. Une autre configuration, à poteaux de bois vaporisés de polyuréthane, a été ajoutée avant que tous les panneaux ne soient assujettis à l'essai d'inondation de sous-sol.

1. Construction ordinaire (figure 2a)
- Plaques de plâtre peintes
- polyéthylène de 0,15 mm
- Ossature de bois de 38 x 89 mm
- Fibre de verre isolante RSI 2.11
- Lisse basse appuyée sur le plancher de béton

2. Construction ordinaire améliorée I (figure 2b)
- Plaques de plâtre peintes
- polyéthylène de 0,15 mm
- Ossature de bois de 38 x 89 mm
- Fibre de verre isolante RSI 2.11
- Pare-vapeur extérieur de 0,15 mm
- Lisse basse appuyée sur le plancher de béton

3. Construction ordinaire améliorée II (figure 2c)
- Plaques de Densglas Gold^{MC} peintes (voir note 1)
- 0.15 mm polyethylene air/vapor barrier
- poteaux d'acier de 38 mm x 89 mm
- Fibre de verre isolante RSI 2.11
- Pare-vapeur extérieur de 0,15 mm
- Lisse basse surélevée de 19 mm du plancher du béton

4. Construction ordinaire améliorée III (figure 2d)
- Plaques de Densglas Gold^{MC} peintes
- Pare-air/vapeur en polyéthylène de 0,15 mm
- Poteaux d'acier de 38 mm x 89 mm
- Fibre de verre isolante RSI 2.11
- Pare-vapeur extérieur de 0,15 mm
- Ossature espacée de 19 mm du mur de béton
- Lisse basse surélevée de 19 mm du plancher

5. Mur breveté I (figure 2e)
- Plaques de Densglas Gold^{MC} peintes
- Pare-air/vapeur en polyéthylène de 0,15 mm
- Isolation de polystyrène Perimate^{MC} (voir note 2)

6. Mur breveté II (figure 2f)

Assemblage mural avec isolation rigide en fibre de verre Owens

7. Construction ordinaire améliorée ordinaire IV (figure 2g)

Plaques de Densglas Gold[MC] peintes
Pare-air/vapeur en polyéthylène de 0,15 mm
Ossature de bois de 38 mm x 89 mm
Isolation en fibre de verre RSI 2.11
Pas de pare-vapeur extérieur
Lisse basse surélevée de 19 mm du plancher

8. Construction ordinaire améliorée V (figure 2h)

Plaques de Densglas Gold[MC] peintes
Pare-air/vapeur en polyéthylène de 0,15 mm
Ossature de bois de 38 mm x 89 mm
Isolation en fibre de verre RSI 2.11
Pare-vapeur extérieur de 0,15 mm
Lisse basse appuyée sur le plancher de béton

9. Construction ordinaire améliorée VI (figure 2i)

Plaques de Densglas Gold[MC] peintes
Pare-air/vapeur en polyéthylène de 0,15 mm
Ossature de bois de 38 mm x 89 mm
Isolation en fibre de verre RSI 2.11
Pare-vapeur extérieur de 0,15 mm
Lisse basse surélevée de 19 mm du plancher

10. Mur breveté III (figure 2j)

Plaques de Densglas Gold[MC] peintes
Pare-air/vapeur en polyéthylène de 0,15 mm
Ossature de bois de 38 mm x 89 mm
50 mm de polyuréthane isolante vaporisée

Note 1. Densglas Gold[MC] est la marque déposée d'un produit résistant à l'eau, similaire aux plaques de plâtre, fabriqué par la société Owens Corning. Ce produit contient des fibres fendues qui aident à maintenir l'intégrité structurale sous des conditions d'humidité élevée.

Note 2. Perimate[MC] est un isolant de polystyrène extrudé dont les profilés verticales laissent l,eau s'évacuer entre l'isolant et le mur sur lequel il est appliqué. Ce produit est fabriqué par la société Dow Chemical.

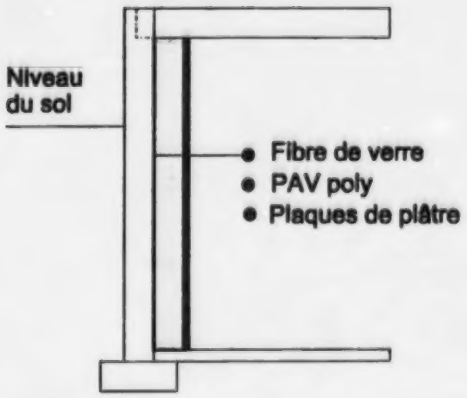


Fig.2a Panneau d'essai 1 – Mur ordinaire et PAV derrière les plaques de plâtre.

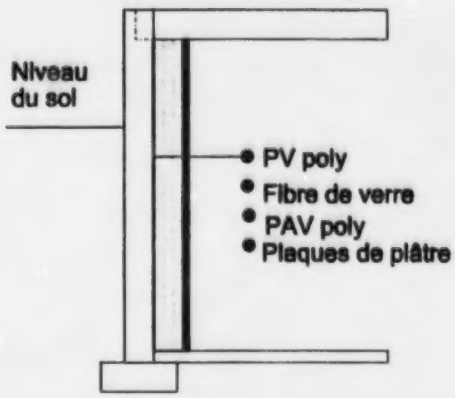


Fig.2b Panneau d'essai 2 – Mur ordinaire, PAV derrière les plaques de plâtre et contre le mur du sous-sol.

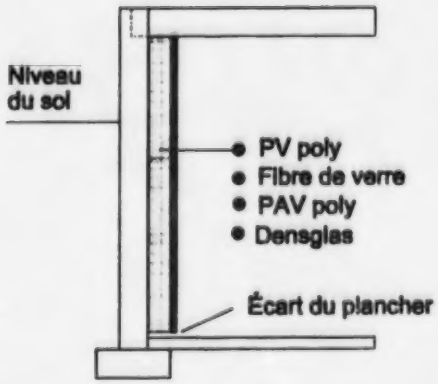


Fig.2c Panneau d'essai 3 – Mur à poteaux d'acier, écart du plancher, poly des deux côtés.

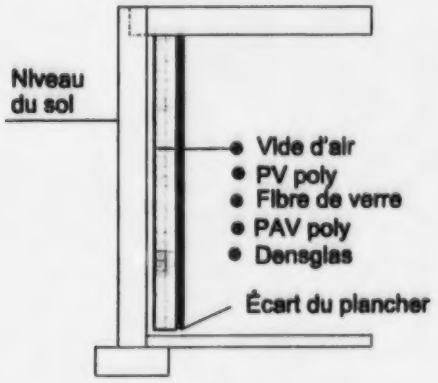


Fig.2d Panneau d'essai 4 – Mur à poteaux d'acier, écart entre le mur et le plancher, poly des deux côtés.

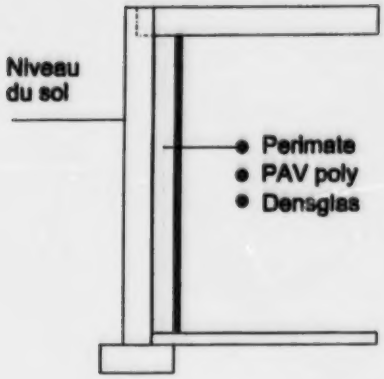


Fig.2e Panneau d'essai 5 - Perimate et polystyrène extrudé avec poly et Densglas

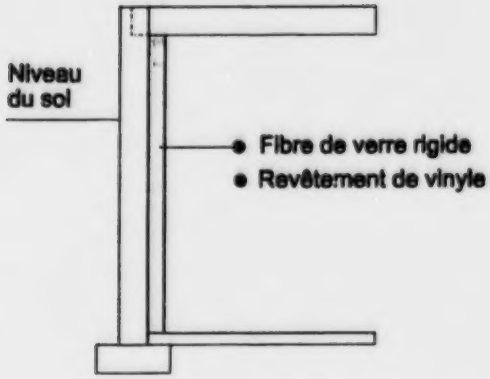


Fig. 2f Panneau d'essai 6 – Mur avec fibre de verre rigide et revêtement intérieur de vinyle

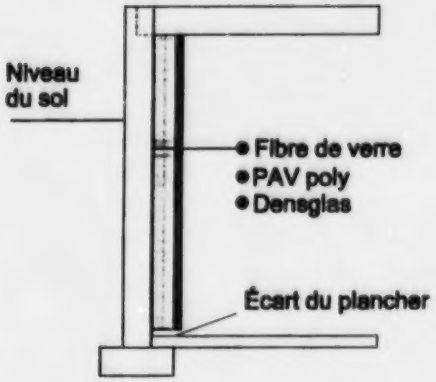


Fig 2g Panneau d'essai 7 – Construction ordinaire améliorée avec poly, Densglas et écart du plancher.

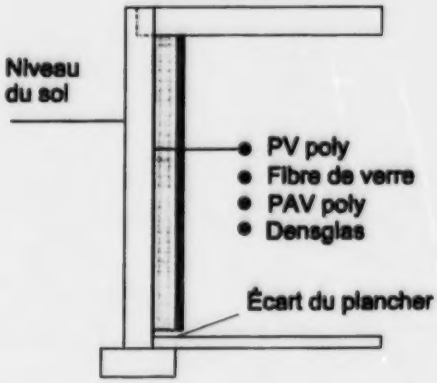


Fig 2h Panneau d'essai 8 - Amélioré ordinaire avec poly des deux côtés et écart du plancher.

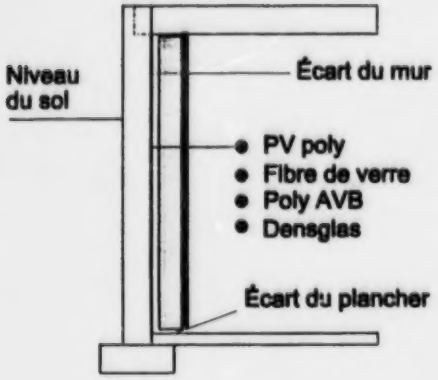


Fig 2i Panneau d'essai 9 – Construction ordinaire améliorée avec poly des deux côtés, écart du plancher et du mur.

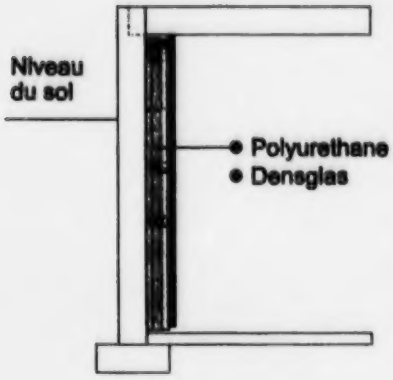


Fig 2j Panneau d'essai 10 – Construction brevetée à poteaux de bois, isolant de polyuréthane et Densglas.

Les mêmes instruments ont été posés sur tous les murs à ossature de bois, à mi-hauteur et à 0,3 m au-dessus du plancher du sous-sol, comme l'indique la figure 1.

Détecteur d'humidité superficielle (pour détecter la condensation sur le mur de béton)
Détecteur d'humidité relative
Humidimètre à bois à sondes
Thermocouple à chaque détecteur de HR et humidimètre à bois, de même qu'aux points de détection d'humidité superficielle (3 par emplacement en tout)

Les poteaux de bois comportaient les instruments suivants à mi-hauteur et à 0,3 m au-dessus du plancher du sous-sol.

Détecteur d'hummidité (pour détecter la condensation sur le mur de béton)
Détecteur d'humidité relative
Thermocouple aux points de détection de HR et d'humidité (2 par emplacement en tout)

Les instruments suivants ont été posés sur les murs brevetés I et II à mi-hauteur et 0,3 m au-dessus du plancher du sous-sol.

Détecteur d'hummidité (pour détecter la condensation sur le mur de béton)
Détecteur d'humidité relative
Thermocouple aux points de détection de HR et d'humidité (2 par emplacement en tout)

Nota : Comme il n'y avait aucun endroit naturellement indiqué pour les détecteurs de HR, une partie de l'isolant a été évidée pour y insérer un détecteur. Ceci serait censé réduire la résistance thermique locale là où se trouve le détecteur, mais comme les murs de sous-sol sont rarement parfaitement lisses, le détecteur a donné une indication de l'humidté relative à la jonction de l'isolant et du mur.

Nota : Des détecteurs d'humidité ont été installés derrière chaque panneau pour déceler la condensation à la surface du mur de sous-sol. Aucune donnée n'est fournie, car tous les détecteurs ont indiqué la présence de condensation tout au long de l'étude.

Sur l'assemblage mural breveté III (polyuréthane vaporisé), il n'y avait qu'un humidimètre à bois à sondes et un thermocouple at 0,3 m et à mi-hauteur. Un détecteur d'humidité relative a été exclu parce qu'il aurait été enfoui dans la mousse durant l'installation.

La collecte de données a été effectuée au moyen d'un programme ayant une capacité de 126 entrées. Les détecteurs étaient répartis comme suit à l'origine :

Six profilés par emplacement dans chaque section de mur à ossature de bois
(12 en tout par mur à tester x cinq assemblages à ossature de bois = 60 profilés)
Quatre profilés par emplacement dans l'assemblage à ossature d'acier
(8 en tout par mur x 1 assemblage à poteaux d'acier = 8 profilés)
Quatre profilés par emplacement dans chaque assemblage breveté
(8 en tout par mur x 2 assemblages = 16 profilés)
Température de l'air du sous-sol (1 profilé)
HR du sous-sol (1 profilés)

Le nombre de profilés requis a été majoré avec l'ajout du panneau à isolant de polyuréthane avant l'essai de l'inondation. Ceci nécessitait deux autres profilés pour le mesurage de la température et deux autres pour le mesurage de l'humidité du bois.

Signalons que l'humidimètre à bois à sondes était multiplexe afin de pouvoir mesurer la teneur en humidité du bois au moyen d'un lignomètre seulement. Ceci satisfaisait deux exigences, car on sait que les mesures d'humidité du bois sont peu fiables et que l'utilisation d'un instrument pour toutes les mesures signifie que si les mesures absolues de l'humidité du bois sont erronnées, les mesures relatives entre panneaux ont un apport inhérent à la comparaison des performances des panneaux. Le lignomètre utilisé a été étalonné avant l'usage par le séchage de bois d'épinette à zéro pour cent d'humidité, puis en ajoutant suffisamment d'eau pour produire une teneur donnée en humidité par masse. Après l'ajout d'eau, les échantillons de bois ont été placés dans des contenants de plastique assez longtemps pour que l'humidité se diffuse à travers les échantillons.

La lecture des détecteurs a été faite quelque 180 fois à l'heure (un circuit complet à travers tous les détecteurs prend environ 20 secondes); la moyenne des 180 relevés de chaque détecteur a été calculée, puis consignée.

Parce que l'immeuble d'essai n'a pas l'eau courante, l'eau des tuyaux de drainage sur le pourtour du sous-sol a été recueillie pour l'humidification et les fuites contrôlées. Ainsi, l'eau qui a servi aux fuites contrôlées ne contenait pas de chlore qui aurait pu inhiber la croissance de moisissures. Pour l'expérience d'inondation, il a fallu faire venir de l'eau chlorée de la municipalité par camion.

4. Résultats des expériences

4.1 Fuite contrôlée I

L'instrumentation et l'étalonnage des détecteurs étaient terminés au début de septembre 1997 et les panneaux étaient prêts à être montés sur les murs et mouillés par une fuite contrôlée. À cause du fonctionnement défectueux de la pompe de puisard au sous-sol, le niveau de l'eau a monté et les panneaux ont été inondés. Signalons que les panneaux n'étaient pas montés sur les murs au moment de l'inondation. Le sous-sol a été vidé et les panneaux ont séché pendant deux semaines environ. Une fois qu'ils semblaient secs, ils ont été montés sur les murs du sous-sol (13 octobre 1997) et les fuites contrôlées ont été amorcées. Un petit tube d'accès a été posé sur chacun des panneaux pour laisser l'eau s'écouler dans l'espace entre le panneau et le mur du sous-sol par un détendeur capillaire. Les détendeurs étaient réglés pour laisser tomber une goutte une fois par seconde environ, puis ils ont été insérés dans les panneaux muraux et laissés ainsi pendant 48 heures. À ce moment-là, la fuite de contrôle (autre détendeur capillaire placé dans un bécher) indiquait qu'environ 4-6 litres d'eau avaient coulé dans chacun des panneaux. Les différences entre les réactions des panneaux étaient très évidentes, sous un rapport, après 48 heures.Sur les panneaux dotés d'un pare-vapeur extérieur, l'eau coulait sur le mur de béton jusque sur le plancher du sous-sol. Après les 48 heures, les fuites ont cessé et les panneaux ont pu sécher. Dans les figures suivantes, la fuite contrôlée a pris fin le huitième jour. Il est à noter que l'humidité relative du sous-sol était très élevée, soit d'une moyenne de 70 % durant les deux semaines suivantes.

La figure 3 indique les mesures d'humidité relative prises aux deux points (à 0,3 m du plancher) dans chaque panneau, de même que l'humidité relative de la pièce. Initialement, comme l'indique la figure, il y avait peu de possibilités que les panneaux sèchent. Compte tenu de l'humidité relative élevée du sous-sol et de la température superficielle de certaines parties du mur de sous-sol non isolé au-dessus du niveau du sol, l'eau se condensait en surface sous le point de rosée et s'écoulait sur le mur jusqu'au plancher du sous-sol. Nous avions essentiellement créé un caisson hermétique où nous ne pouvions contrôler l'humidité relative. De l'avis général, ces conditions n'étaient pas typiques (niveau d'humidité relative anormalement élevé); une ouverture a donc été pratiquée dans la partie supérieure de la structure afin d'augmenter le taux d'infiltration et l'extraction de la vapeur d'eau. L'ouverture a eu pour effet de faire grimper le taux d'infiltration de manière radicale, si bien que l'air humide chaud est vite remplacé par de l'air extérieur plus frais qui, une fois qu'il a atteint la température ambiante, est capable d'absorber de gretes quantités d'humidité.

Après avoir ventilé la structure pour une période d'environ deux semaines, l'humidité relative a été portée à moins de 50 % ; une ventilation continue l'a ultérieurement ramenée à 10-15 % (40e jour). Le séchage de tous les panneaux, à l'exception des panneaux 1 et 5, était évident à compter de ce point. Bien que les panneaux 1 et 5 aient affiché une réaction à l'évolution des conditions de la pièce, leur réaction était beaucoup plus lente que les autres, vraisemblablement à cause de l'absence d'un pare-vapeur externe de 6 mm, dans le cas du panneau 1, car la fuite a bien mouillé les membrures de l'ossature de bois et l'isolant. Pour ce qui est du panneau 5, comme le polystyrène inhibe l'évaporation de l'humidité emprisonnée entre le panneau et le mur de béton, l'humidité relative est demeurée élevée.

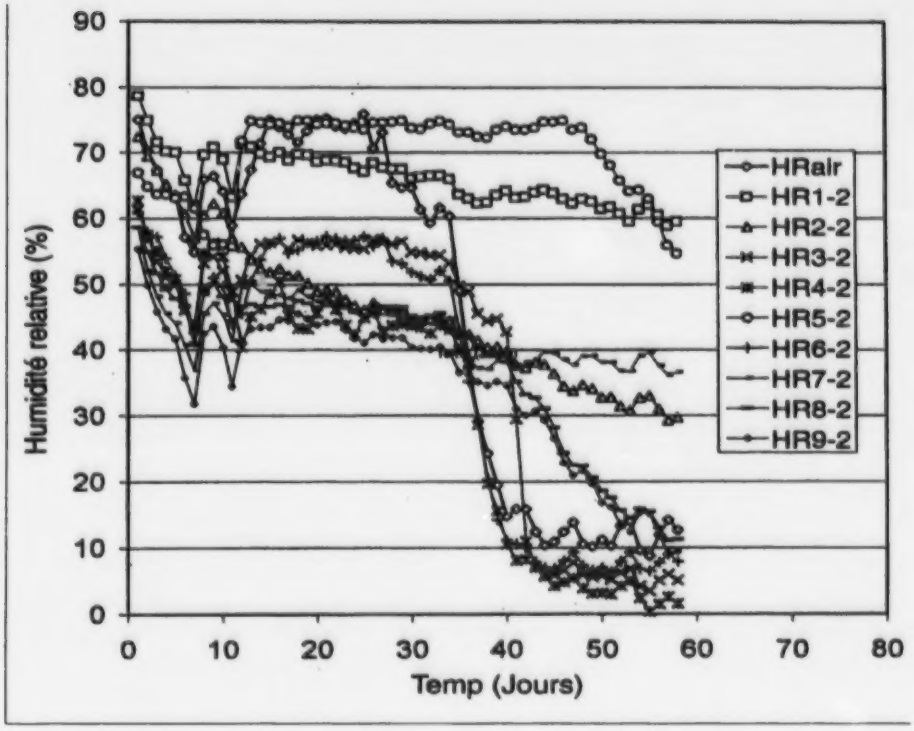


Figure 3 Mesures d'humidité relative sur tous les panneaux, point inférieur – première fuite

Les panneaux 2 et 7, tous les deux à ossature de bois, ont affiché une réaction intermédiaire, l'humidité relative au point inférieur étant baissée à environ 35 % le 60e jour. La lisse basse du panneau 2 était appuyée sur le plancher de béton et le panneau 7, avec Densglas[MC] au lieu de plaques de plâtre, ne comportait pas de pare-vapeur externe, mais la lisse basse n'était d'humidité en réagissant au niveau d'humidité ambiant.

Le panneau 3, à ossature d'acier, a réagi rapidement aux fluctuations d'humidité ambiante.

Les niveaux d'humidité à l'intérieur du panneau ont grimpé rapidement en même temps que les niveaux de la pièce, sont demeurés relativement constants lorsque les niveaux de la pièce

étaient élevés, puis ont chuté à nouveau rapidement lorsque les niveaux de la pièce ont baissé. Ce résultat est conséquent puisque les panneaux à ossature d'acier n'absorbent pas beaucoup d'humidité, à moins que l'isolant ne soit mouillé. Lorsqu'il y avait une fuite contrôlée à l'extérieur du pare-vapeur, l'isolant n'était pas censé être mouillé, parce que l'eau coulait entre le pare-vapeur et le mur du sous-sol.

Le panneau 4, un deuxième à ossature d'acier, a donné à peu près les mêmes résultats. La différence entre celui-ci et le panneau précédent était la marge de retrait du mur du sous-sol. Comme dans l'autre cas, l'humidité relative du panneau suivait de près les conditions ambiantes. Lorsque les niveaux d'humidité de la pièce ont été réduits, l'humidité du panneau augmentait rapidement aussi. Signalons que ce panneau comportait aussi un pare-vapeur externe et qu'on ne s'attendait pas à ce que l'isolant devienne mouillé.

Le panneau 6 a réagi très rapidement en tetem avec les conditions ambiantes. Ce panneau de fibre de verre rigide revêtu de vinyle ne semblait pas retenir l'humidité après la fuite initiale, mais semblait plutôt imiter les niveaux d'humidité de la pièce. Ainsi, l'humidité du panneau a baissé rapidement en même temps que ceux de la pièce.

Le panneau 8, identique au panneau 7 sauf pour un pare-vapeur externe, a affiché la réaction prévue à une fuite en dehors du pare-vapeur. Comme l'eau ne pouvait pas pénétrer l'intérieur du panneau, les surfaces n'étaient pas mouillées. Et comme le bois n'a jamais été mouillé, les niveaux d'humidité et les mesures d'humidité du bois reflétaient l'humidité de l'air ambiant. Six semaines après la fuite contrôlée, la teneur en humidité du bois aux deux points de mesure avait baissé à environ 15 %.

Le panneau 9 était identique au panneau 8, sauf qu'il était surélevé du plancher de 19 mm par des blocs de bois. Le pare-vapeur extérieur empêchait l'eau de la fuite de s'infiltrer dans les cavités du panneau, pour ainsi empêcher l'isolant d'être mouillé. Par conséquent, la réaction du panneau était largement fonction des conditions ambiantes.

4.1.1 Mesures d'humidité du bois

La figure 4 indique les mesures d'humidité du bois prises au centre des poteaux à une hauteur de 0,3 m au-dessus du plancher pour les cinq panneaux à ossature de bois. Les panneaux 2 et 7 n'ont pas affiché une importante réduction de teneur en humidité durant les essais. Cette tendance est compatible avec les mesures d'humidité relative prises au même endroit, qui n'ont jamais baissé plus bas que 30 %. Quant aux trois autres panneaux, ils ont séché lorsque l'humidité relative locale baissait.

Comme nous le précisions dans l'introduction, les panneaux ont été retirés périodiquement dans le courant de l'étude et un humidimètre à bois a été utilisé pour connaître la teneur en humidité du bois près du mur de béton. Chaque fois, la teneur en humidité du bois a été mesurée aux points indiqués dans la figure 5. Les résultats des mesures de la première fuite contrôlée sont résumés au tableau 1. Signalons que les mesures ont été prises environ deux mois après le mouillage initial.

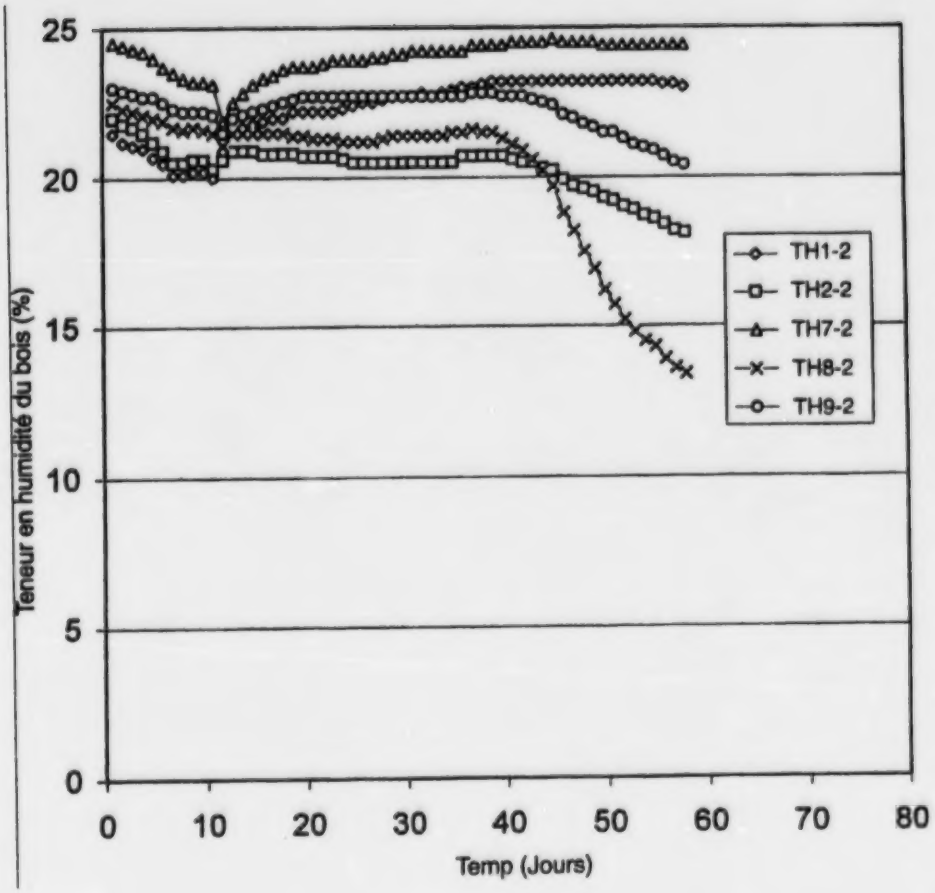


Figure 4 Mesures de teneur en humidité du bois à 0,3 m – Premi[illegible]e fuite

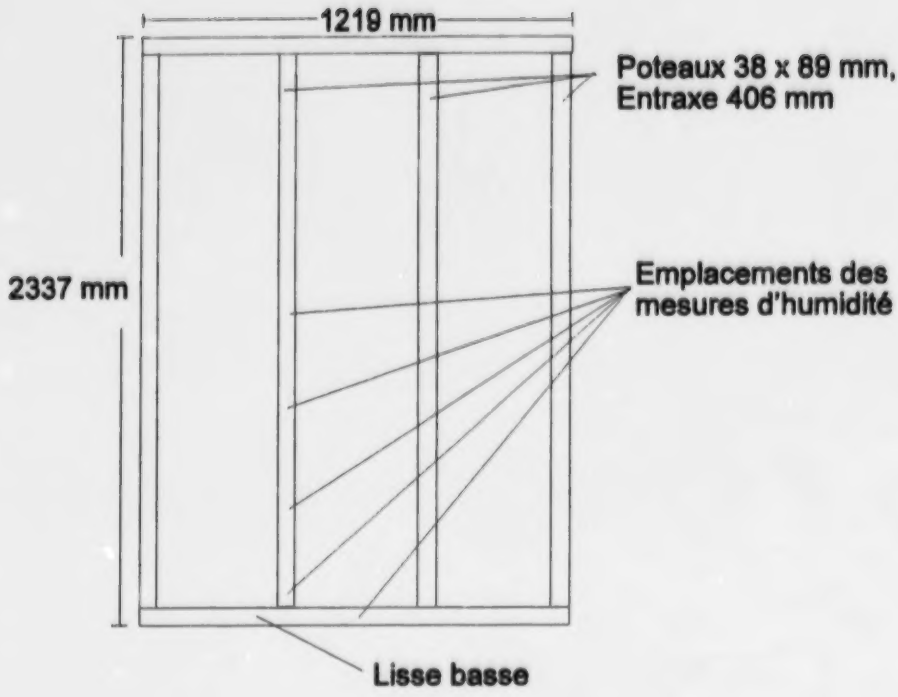


Figure 5 Construction de panneau type à ossature de bois, où sont indiqués les points de mesure de la teneur en humidité

Tableau 1 Mesures d'humidité du bois - décembre 1997

	Lisse basse	Poteau (lisse basse)	Poteau (300 mm)	Poteau (600 mm)	Poteau (1200 mm)
Panneau 1- ordinaire	22-24%	20%	16%	12%	12%
Panneau 2 - Amélioré ordinaire I	16%	14%	12-14%	14%	14%
Panneau 7- Amélioré ordinaire IV	22%	24%	20%	12%	10%
Panneau 8 - Amélioré ordinaire V	10%	10%	12%	12%	12%
Panneau 9 - Amélioré ordinaire VI	16%	14%	12%	14%	12%

L'interprétation du tableau doit être judicieuse. Durant une fuite contrôlée, pour évaluer le potentiel de séchage d'un panneau, il faut a priori que le panneau ait été mouillé à un moment donné. La fuite d'eau se trouvait entre le mur de béton du sous-sol et le dos des panneaux. Certains des panneaux (2, 8 et 9) comportaient une couche de polyéthylène entre l'isolant et le béton. Comme l'emplacement de la fuite était à l'extérieur du poly, l'eau tendait à couler tout simplement le long du plastique ou du mur de béton, puis à sortir du panneau sous la lisse basse. Par contraste, les panneaux 1 et 7 ne comportaient pas de pare-vapeur et l'eau pouvait facilement mouiller l'isolant et les membrures de l'ossature de bois. Comme ces panneaux étaient effectivement mouillés, il n'est pas étonnant que les mesures d'humidité du bois étaient appréciablement plus élevées.

4.2 Fuite controlée II

En janvier 1998, les panneaux étaient assez secs pour répéter l'expérience de la fuite contrôlée. Puisque le premier mouillage n'avait pas produit de signes de moisissure, nous avons pensé que le niveau d'humidité devait être plus élevé. Le premier mouillage a eu lieu sur une période de deux jours, à raison de 2-3 litres par jour s'écoulant derrière chaque panneau. Pour le deuxième essai, le taux d'injection d'eau a été maintenu à 2-3 litres par jour, mais la période d'injection a été portée à sept jours pour qu'un total de 14-21 litres s'écoulent derrière chaque panneau. Les fuites contrôlées ont commencé le 26 janvier 1998 et ont pris fin le 2 février 1998. Dans tous les cas, la fuite était évidente sur l'injection comme d'eau coulant sur le plancher du sous-sol sous chaque panneau. Comme auparavant, l'injection d'eau s'est terminée et les panneaux ont pu sécher, dans ce cas pour une période de sept semaines.

La figure 6 montre l'humidité relative mesurée dans chaque panneau au point inférieur, ainsi que la condition ambiante. Signalons que durant toute la période d'essai l'humidité relative de la pièce a été maintenue à très près de 45 %. La figure 7 indique les mesures d'humidité du bois, toujours au point inférieur, dans les cinq panneaux à ossature de bois.

Le bois du panneau 1 était initialement sec (TH de moins de 15 %) et le point médian est resté sec. Au point plus bas, l'eau s'est infiltrée et a mouillé l'isolant et la lisse basse à cause de l'absence d'un pare-vapeur. La teneur en humidité à 0,3 m au-dessus du plancher a rapidement augmenté à plus de 20 % et y est restée durant le reste de l'essai. L'humidité relative au même niveau est passée à 60 % et y restée aussi durant le reste de l'essai.

Les figures 6 et 7 montrent combien un pare-vapeur extérieur peut empêcher l'eau de s'infiltrer dans le panneau. Parce que l'emplacement de la fuite était en dehors du pare-vapeur, l'eau s'écoulait tout simplement sur le polyéthylène et sous la lisse basse. Dans le panneau 2, la teneur en humidité du bois est demeurée entre 10 et 15 % tout au long de l'essai et l'humidité relative a augmenté lentement par rapport au niveau d'humidité constant de 45 % dans la pièce.

Le panneau 3, ossature d'acier avec pare-vapeur, a affiché des résultats très similaires. Comme le liquide ne peut pénétrer dans le panneau, les niveaux d'humidité n'étaient fonction que des niveaux d'humidité ambiants. L'humidité à l'intérieur du panneau était uniformément plus faible que les niveaux ambiants, résultat auquel il fallait s'attendre parce que la paroi froide du sous-sol provoque un gradient élevé de pression de vapeur entre le dos du Densglas[MC]/polyéthylène (où se trouvait le détecteur) et le mur de béton.

Les mesures prises sur le panneau 4 indiquent que la marge de retrait de 19 mm entre le panneau et le mur du sous-sol semble créer un gradient de pression de vapeur plus bas entre le pare-vapeur et le pare-humidité, ce qui augmente le couplage du panneau et des conditions ambiantes. Ainsi, l'humidité relative mesurée au dos du Densglas[MC] étaiet plus élevée que dans le panneau précédent.

L'humidité relative mesurée derrière le panneau de polystyrène extrudé Perimate[MC] est demeurée constante à plus de 70 % tout au long de l'essai, toujours plus que les niveaux ambiants. Comme dans le premier essai avec la fuite contrôlée, ce matériau imperméable emprisonne l'eau entre le panneau et le mur du sous-sol, ce qui ne favorise pas le séchage.

Le panneau 6, fibre de verre rigide revêtue de vinyle, semblait très peu altéré à l'arrière. Bien que le niveau d'humidité ait augmenté peu de temps après l'injection d'eau, le panneau a réagi en tetem avec le niveau d'humidité ambiant et les mesures plus basses de l'humidité

ambiante indiqueraient que le revêtement de vinyle entrave le transport de la vapeur.

La ligne représentant la réaction du panneau 7 à la figure 6 montre l'efficacité d'un pare-vapeur pour empêcher le liquide d'entrer dans le panneau ou d'en sortir. La teneur en humidité à 0,3 m est demeurée au-dessus de 22 % pendant tout l'essai et n'avait pas tendance à baisser. L'humidité relative à 0,3 m, comme la teneur en humidité, est demeurée constante à 35 % et ne tendait pas à fluctuer en fonction des conditions ambiantes.

La teneur en humidité du panneau 8 à 0,3 m était initialement de moins de 15 %. Après la fuite contrôlée, la teneur en humidité à mi-hauteur a augmenté d'environ 2-3%, vraisemblablement par réaction à l'humidité relative ambiante, tetis que l'humidité à 0,3 m (figure 7) a augmenté davantage, d'environ 5 %. La hausse d'humidité du bois dans la partie inférieure du panneau pourrait être une réaction aux conditions ambiantes ou, plus probablement, au fait que la lisse basse était appuyée sur le sol qui, plus tard, s'est révélé très mouillé.

Le panneau 9, ossature de bois surélevée de 19 mm du plancher, n'a eu aucune réaction à la fuite. Le pare-vapeur externe a empêché l'eau de pénétrer dans le panneau et l'écart de 19 mm a empêché l'absorption de l'eau sur le plancher durant le mouillage. Comme l'indique la figure 7, il y a eu peu de changements dans la teneur en humidité du bois et l'humidité relative a augmenté à mi-hauteur par réaction au niveau de 40 % dans la pièce, pas par réaction à la fuite.

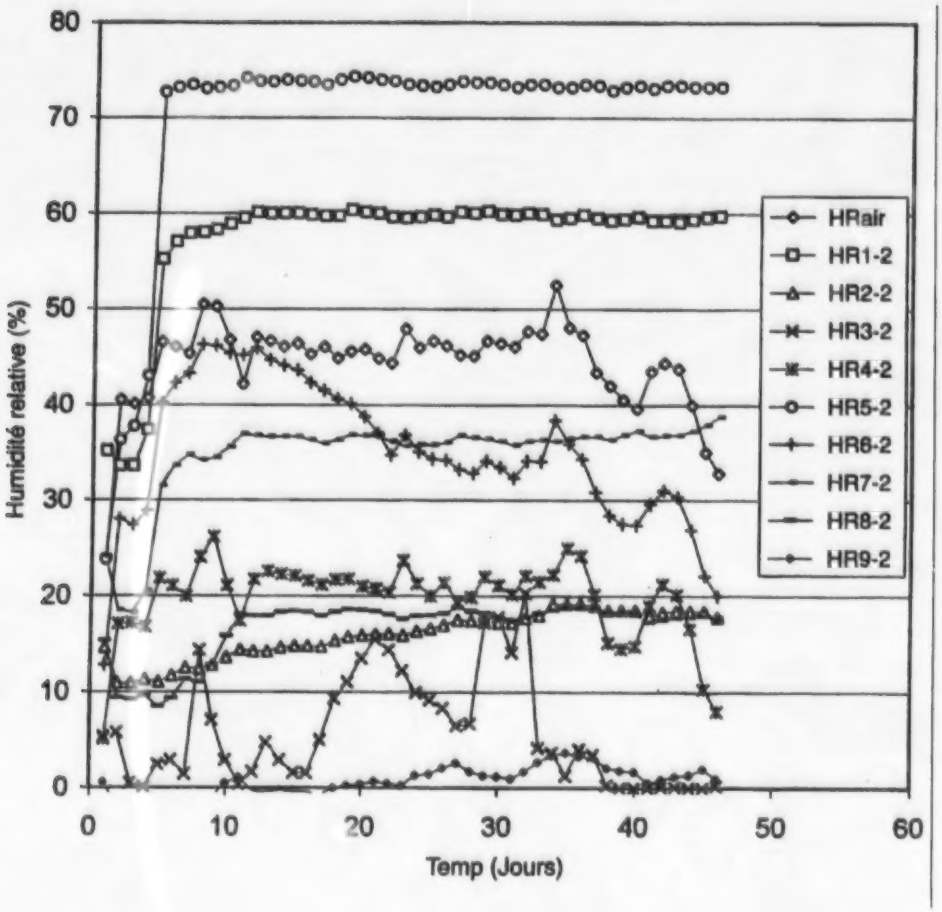


Figure 6 Mesures d'humidité relative à 0,3 m – Deuxième fuite

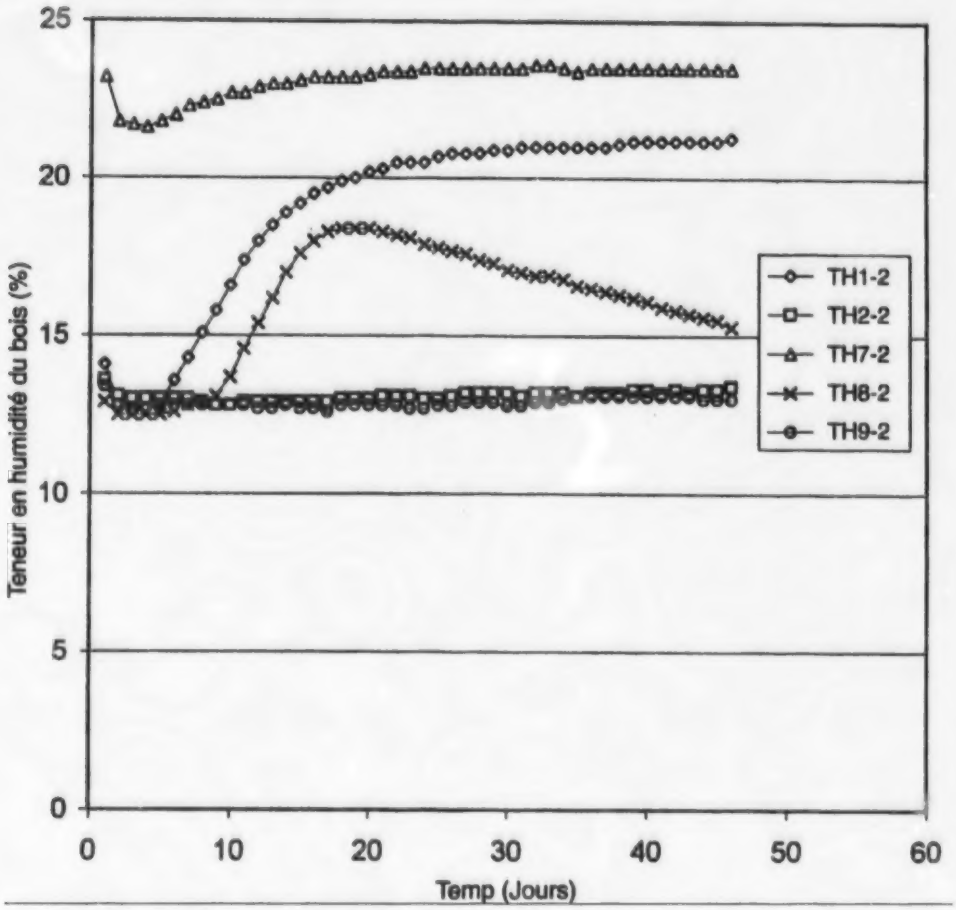


Figure 7 Mesures de teneur en humidité du bois à 0,3 m – Deuxième fuite

4.2.1 Mesures d'humidité du bois

Après un mois environ, les panneaux ont été retirés de nouveau et d'autres mesures d'humidité du bois ont été prises aux points indiqués à la figure 3. Ces résultats sont récapitulés au tableau 2. La teneur en humidité du bois exposé au sous-sol a aussi été mesurée pour fins de comparaison et une moyenne de 6-8 % a été établie.

Tableau 2 Mesures d'humidité du bois – 25 février 1998

	Lisse basse	Poteau (lisse basse)	Poteau (300 mm)	Poteau (600 mm)	Poteau (1200 mm)
Panneau 1- ordinaire	21-22%	Pas mesuré	16%	16%	14%
Panneau 2 - Amélioré ordinaire I	10-12%	10%	Pas mesuré	Pas mesuré	10%
Panneau 7- Amélioré ordinaire IV	21%	21%	Pas mesuré	18%	16%
Panneau 8 - Amélioré ordinaire V	14-16%	14%	Pas mesuré	12%	14%
Panneau 9 - Amélioré ordinaire VI	10-12%	12%	Pas mesuré	10%	12%

Comme nous l'avons fait remarquer durant la première fuite contrôlée, il faut prendre garde de différencier le potentiel de mouillage et le potentiel de séchage. Les panneaux 2, 8 et 9 comportaient un pare-vapeur externe qui empêche l'eau qui coule de pénétrer à l'intérieur des cavités. Ainsi, comme ils n'ont jamais été mouillés, il va de soi que la teneur en humidité soit inférieure à celle des deux panneaux qui n'avaient rien pour empêcher l'eau d'entrer.

Les observations suivantes ont été faites durant l'examen visuel des panneaux :

Panneau 1 – Il n'y avait aucun signe de moisissure, sauf pour une légère décoloration sur la lisse basse. Les mesures d'humidité prises sur la paroi supérieure de la lisse basse (où il y a contact avec l'isolant) ont indiqué12-16 %.

Panneau 2 – Le bois semblait sec, comme l'indiquent les mesures d'humidité. Il n'y avait aucun signe de moisissure.

Panneau 3 – Le panneau semblait sec et aucune moisissure n'est apparue.

Panneau 4 – Un peu d'efflorescence est apparue sur les derniers 450 mm du béton. Les cristaux semblaient emprunter le chemin que l'eau avait pris à partir du joint d'injection jusqu'à l'endroit où elle est sortie sous le panneau. De l'humidité localisée a été observée à la surface du mur de béton. L'isolant de fibre de verre était humide dans les régions supérieures du panneau. Nous pensons que c'était le résultat de la condensation de l'humidité de la pièce, car l'eau a été observée au-dessus du point initial d'injection.

Panneau 5 – Aucune moisissure n'est apparue, bien que le béton sous le panneau à la jonction du plancher et du mur était visiblement mouillé (couleur foncée).

Panneau 6 – Un peu d'efflorescence est apparue près de l'emplacement du détecteur d'humidité dans la partie inférieure de la paroi, suivant la même trajectoire que la fuite semblait avoir emprunté. La paroi antérieure du mur était sèche au toucher.

Panneau 7 – Un peu de décoloration de la lisse basse et des derniers 300 mm du poteau le plus près de l'emplacement de la fuite. Il a été constaté en enlevant la fibre de verre isolante que la décoloration n'était que sur les surfaces faisant face au mur de béton. La teneur en humidité mesurée sur la surface supérieure de la lisse basse, à mi-chemin entre les poteaux, était de 18 %.

Panneau 8 – Même si, comme le montre le tableau 2, le bois du panneau était raisonnablement sec, une grete partie du mur de béton était mouillée (environ 1 m de diamètre) où le polyéthylène et le béton avaient été en contact.

Panneau 9 – Ce panneau semblait sec également, mais comme dans le cas précédent, une vaste partie du béton était mouillée au toucher et des gouttelettes ont été observées sur le polyéthylène face au béton. La partie mouillée couvrait la cavité centrale du poteau, du poteau jusqu'à la hauteur approximative de la fuite contrôlée.

4.3 Inondation de sous-sol

Avant d'entreprendre l'expérience de l'inondation du sous-sol, un dixième panneau a été ajouté. Le panneau était fait d'un cadre de 38 mm x 89 mm avec une isolation d'environ 50 mm de polyuréthane vaporisée. L'isolant était recouvert d'une feuille de 0,15 mm (six mil) de polyéthylène et de Densglas Gold[MC]. Les instruments ont mesuré l'humidité du bois à deux endroits et la température aux mêmes points.

L'eau, obtenue du service municipal d'Edmonton, a été transportée par camion et pompée dans le sous-sol à une profondeur d'environ 100 mm le 27 avril 1998. L'eau y resterait pendant cinq jours, puis elle serait extraite par pompage. Au cours des cinq jours, la majeure partie de l'eau s'est écoulée par le puisard et les tuyaux de drainage, puis le reste a été pompé le cinquième jour. Ce n'était pas le résultat escompté, car le code du bâtiment de l'Alberta exige que des tuyaux de drainage soient placés au niveau de la semelle et raccordés à un puisard renfermant une pompe submergée. Toute l'eau qui s'accumule près de la semelle est pompée loin de la maison. Bien que l'eau n'ait pas été pompée au loin dans ce cas, rien n'empêchait l'eau d'être drainée à travers le puisard et les tuyaux de drainage jusque dans le sol environnant. À la fin de la période de saturation, les fenêtres du bâtiment ont été ouvertes pour accélérer le séchage et le ventilateur du système de chauffage fonctionnait de manière continue pour favoriser la circulation de l'air dans l'espace. L'humidité relative dans le sous-sol durant l'inondation était de 80-90 %, puis elle est passée à 70 % peu de temps après que l'eau en surface ait été enlevée du plancher de béton. L'ouverture des portes et fenêtres a fait chuter l'humidité relative à entre 50 et 60 % jusqu'au début mai, alors que les précipitations ont fait monter l'humidité relative ambiante à plus de 70 %. Les panneaux ont été laissés au cours de la période estivale jusqu'à l'automne, lorsque l'humidité realtive ambiante est tombée à des niveaux qui ont favorisé le séchage de la structure.

4.3.1 Humidité relative et teneur en humidité du bois des panneaux

Les figures 8 et 9 montrent l'humidité relative et la teneur en humidité du bois des panneaux (panneaux à ossature de bois seulement) à une hauteur de 0,3 m, sur toute la période d'essai de 200 jours. L'humidité relative à mi-hauteur et la teneur en humidité ont affiché une réaction beaucoup moins prononcée (voir Annexe).

À trois reprises au cours de la période de 200 jours, les panneaux ont été retirés, la teneur en humidité mesurée à la main et les panneaux examinés. Ces résultats sont commentés à la section suivante. L'écart important des données entre le 100e et le 140e jour est attribuable à l'arrêt du matériel informatique au milieu de l'été. L'inondation a eu lieu entre le 5e et le 10e jour dans la figure.

Les mesures prises sur le panneau 1, ossature de bois sans pare-vapeur extérieur de polyéthylène, indiquent qu'immédiatement après l'inondation, l'humidité relative aux deux endroits dans le panneau était à peu près la même, entre 60 et 70 %. Les niveaux sont demeurés élevés jusqu'au milieu de l'été (120 et 130e jour), puis l'humidité dans la partie supérieure s'est mise à baisser en tetem avec l'humidité relative ambiante. Celle de la partie inférieure du panneau est demeurée élevée tout au long de la période d'essai, et elle dépassait encore 60 % 200 jours plus tard. De même, la teneur en humidité du bois dans la partie inférieure (0,3 au-dessus du plancher) a vite grimpé à près de 40 % , et même après 200 jours elle se situait toujours entre 25 et 30 %.

La seule différence entre le panneau 2 et le panneau précédent a été l'ajout d'une feuille de polyéthylène au dos du panneau, entre l'isolant et le béton. Le pare-vapeur extérieur semblait être bénéfique, car il a empêché l'infiltration d'eau dans le panneau; à preuve la rapidité avec laquelle la teneur en humidité du bois a augmenté dans la partie inférieure, pour atteindre une crête environ 10 jours plus tard que le premier panneau, à un maximum de plus de 30 %. La teneur en humidité finale à 0,3 m était plus basse également; quelque 20 % après 200 jours.

Les résultats obtenus pour le panneau à poteaux d'acier surélevés de 19 mm au-dessus du plancher du sous-sol et un pare-vapeur externe, le panneau 3, indiquent que durant la période initiale après l'inondation, l'humidité relative du panneau a monté de plus de 50 % et semblait emboîter le pas à l'humidité relative ambiante. Il fallait s'y attendre étant donné qu'une construction à ossature d'acier n'emmagasine pas l'humidité, sauf dans l'isolation mouillée. Au cours de l'été, les panneaux ont séché et durant les deux derniers mois de la période d'essai, l'humidité relative était constamment en deça de l'humidité de la pièce.

Le panneau 4, le deuxième panneau à poteaux d'acier, a réagi de façon similaire. La seule différence entre celui-ci et le panneau précédent était que, en plus de le surélever, le panneau était éloigné du mur du sous-sol de 19 mm. L'humidité relative initiale était plus basse, ayant atteint une crête de 50 %, puis elle est tombée en suivant l'humidité relative ambiante. Au cours de l'été, ce panneau a séché comme le précédent, l'humidité relative intérieure étant constante à un niveau plus bas que celui de la pièce.

La figure 8 montre aussi les résultats obtenus pour le panneau de polystyrène extrudé. Il est intéressant que l'humidité relative ait augmenté très rapidement à plus de 70 % après l'inondation et, comme le matériau est imperméable, elle est restée très élevée pendant plus de 3 mois. Les mesures prises dans la partie inférieure sont demeurées élevées à partir du début, et elles étaient toujours à plus de 50 % 200 jours après l'inondation. Bien que l'humidité relative ait baissé en fonction de la baisse de l'humidité relative ambiante au cours des deux derniers mois et demi, les résultats font ressortir que l'extraction de l'humidité emprisonnée derrière une barrière imperméable est un processus très long.

Les mesures obtenues pour un assemblage mural constitué par de la fibre de verre rigide et un revêtement de vinyle préfini, fabriqué par Owens Corning, ont montré que l'humidité relative a fait une pointe à plus de 50 %, puis a chuté, par réaction aux fluctuations dans la pièce, à 10-20 % sous les conditions ambiantes. La réaction en tetem avec la pièce indique que les effets d'une fuite ou d'une inondation pourraient être corrigés rapidement en réduisant l'humidité relative ambiante par la ventilation. La réaction rapide indique aussi que le matériau du matériel ne retient pas beaucoup d'humidité et semble se drainer vite après le mouillage. Cette action signifie que le matériau n'est pas une "source" importante d'humidité, comme il a été observé dans les deux premiers panneaux à ossature de bois.

Les mesures prises dans le panneau 7 à ossature de bois avec poly devant et sur les côtés sont indiquées également aux figures 7 et 8. Il est similaire aux panneaux 1 et 2, sauf sous deux angles : du Densglas^{MC} a été substitué aux plaques de plâtre ordinaires et le panneau a été surélevé de 19 mm du plancher au moyen de cales de bois. L'humidité relative initiale est montée à entre 50 et 60 % peu de temps après l'inondation et a subséquemment suivi l'humidité relative ambiante.

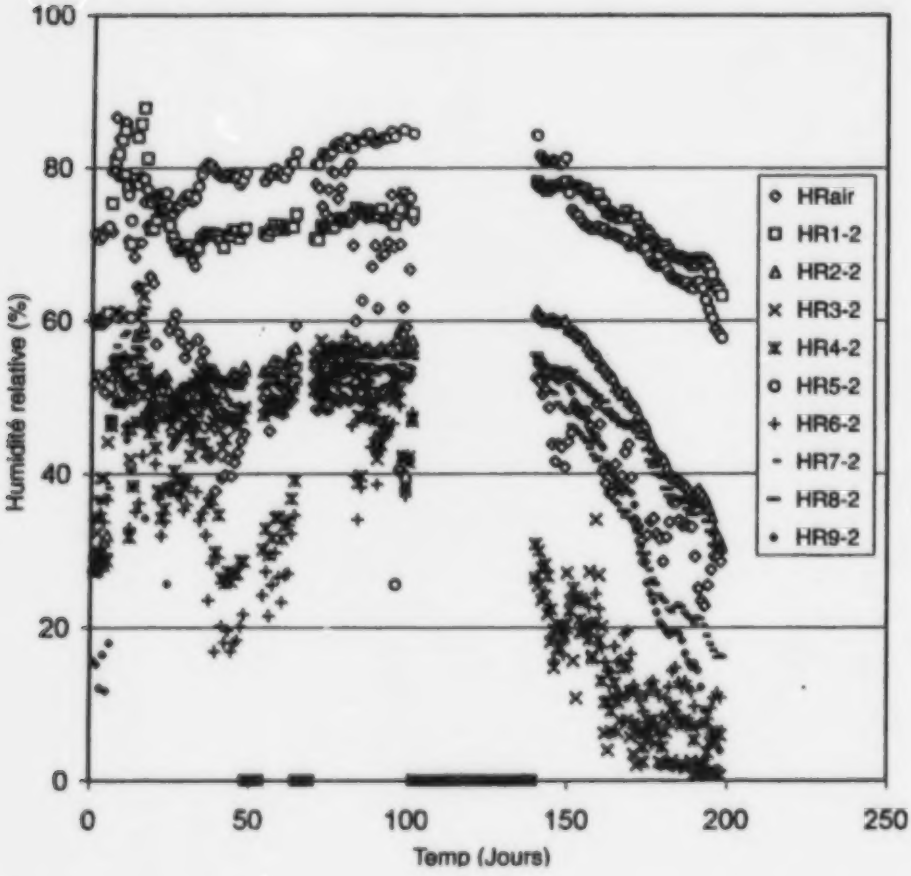


Figure 8 Mesures d'humidité relative à 0,3 m - Inondation

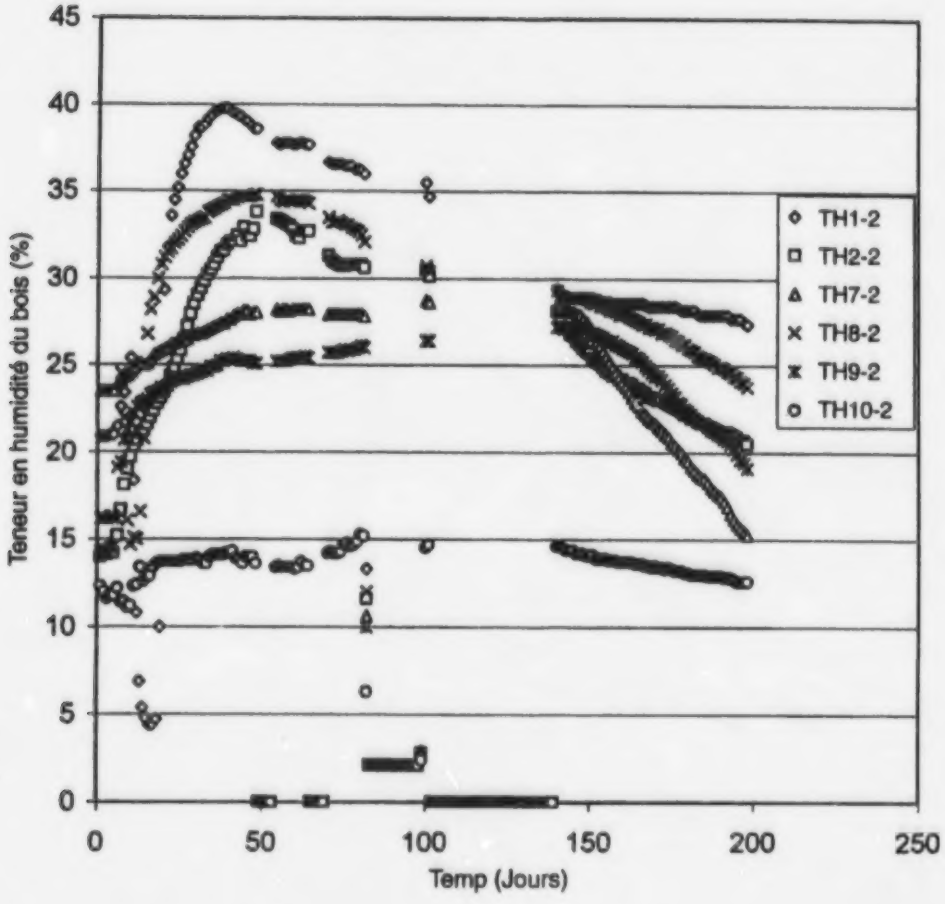


Figure 9 Mesures de teneur en humidité du bois à 0,3 m - Inondation

L'humidité relative intérieure est demeurée élevée au cours des 120 premiers jours, et elle n'a pas baissé jusqu'à ce que l'humidité ambiante soit tombée le 140e jour dans la figure. La teneur en humidité de la partie inférieure du panneau est demeurée au-dessus de 25 % pour plus de 150 jours, ce qui indique que le bois était une "source" appréciable d'eau. La teneur en humidité du bois à 0,3 m a baissé d'environ 15 % après 200 jours.

Le panneau 8 est similaire aux panneaux 2 et 7 du fait qu'il comportait une ossature de bois et une feuille de polyéthylène des deux côtés de l'isolation. Il différait du panneau 7 parce que la lisse basse était assise directement sur le plancher de béton. La réaction des panneaux était similaire à celle du panneau 7 du fait que les niveaux initiaux d'humidité relative étaient de 50-60 % et reflétaient l'humidité ambiante. Les mesures initiales de la teneur en humidité du bois étaient similaires, ayant atteint un maximum de près de 35 % à 0,3 m et baissé très lentement avec le temps. Le niveau d'humidité du bois à mi-hauteur à la fin de la période d'essai de 200 jours était presque identique à celui du panneau 5, soit 15 %, et la teneur en humidité du bois à 0,3 m, près de 25 %, était sensiblement plus élevée. Il semblerait qu'une lisse basse installée sur le plancher de béton inhibe considérablement l'extraction de l'humidité. Nous en avons eu la preuve lors d'une inspection visuelle le 200e jour : il y avait de l'eau à l'état liquide sous la lisse, entre le bois et le polyéthylène.

La construction des panneaux 9 et 7 était identique sauf que le panneau 9 avait une distance de 19 mm du mur, en plus d'être surélevé du plancher de 19 mm comme l'autre. La réaction du panneau était extrêmement proche de celle du panneau 7, ce qui indique qu'il y a très peu d'avantage à reculer le panneau du mur de béton du sous-sol. La teneur en humidité finale à une hauteur de 0,3 m au-dessus du plancher était légèrement plus élevée, 18 % par opposition à 15 % dans le panneau 7. La teneur en humidité à mi-hauteur dans les deux panneaux était presque identique.

Le panneau 10 présentait la particularité que la mousse de polyuréthane vaporisée lie les membrures au mur de béton. Il en résulte qu'il est impossible d'enlever l'isolant pour une inspection. Les sondes d'humidimètre, situées à 0,3 m et à mi-hauteur, ont été installées avant la pose de l'isolant et les deux sondes et les côtés des poteaux ont été recouverts durant la vaporisation de l'isolant, sous une membrane apparemment imperméable. Ceci limite le nombre de chemins que peut emprunter la vapeur d'eau pour pénétrer dans le bois. Parce que les côtés des poteaux sont scellés, la vapeur d'eau doit s'infiltrer par le côté du poteau qui fait face à la pièce, ou encore le côté contigu au mur du sous-sol. Il était prévu que ceci introduirait un décalage dans la réaction du bois aux fluctuations des conditions. Ce décalage est évident dans la figure 9 où l'on voit que la teneur en humidité du bois monte lentement par réaction à l'inondation. De même, la baisse de la teneur en humidité pendant que sèche le sous-sol est également lente, parce que l'humidité ne peut migrer que par une surface limitée de bois découvert. Il a été intéressant de voir durant l'inspection que les panneaux n'affichaient presque aucun signe de saturation.

La figure 10 présente une série de mesures types de température dans le panneau 1. La température de l'air ambiant était constante à 21°C tout au long de l'étude et les températures à l'intérieur du panneau ont changé en fonction des conditions ambiantes. Les températures mesurées durant la période d'essai indiquent l'écart probable étant donné que l'essai allait du mois d'avril au mois de novembre. Dans cette figure, les températures 1 et 2 ont été mesurées à la surface du béton à mi-hauteur et à 0,3 m respectivement. Les températures 3 et 4 ont été mesurées aux mêmes endroits que les détecteurs d'humidité relative; les températures 5 et 6 ont été

mesurées aux points où se trouvaient les sondes d'humidimètre à bois. Les températures des autres panneaux étaient presque identiques parce que tous les autres assemblages muraux avaient à peu près la même résistance thermique.

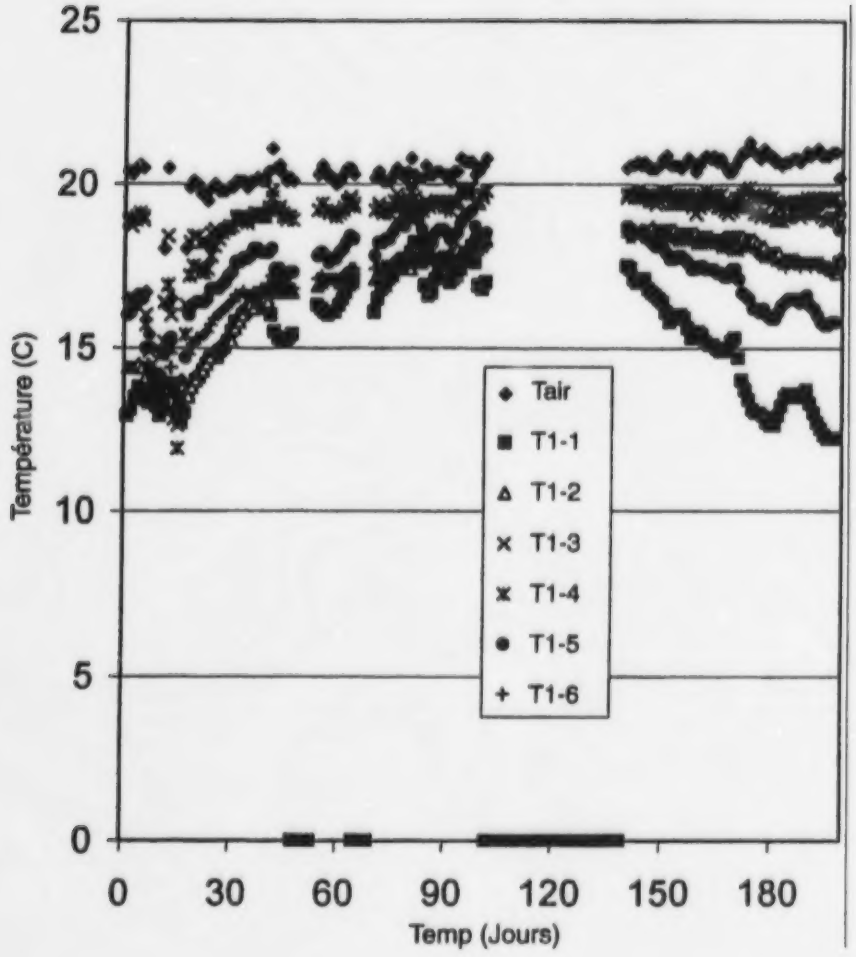


Figure 10 Températures mesurées dans le panneau 1, avril à novembre

4.3.2 Inspection visuelle des panneaux et mesures manuelles de la teneur en humidité du bois

Pour faciliter le mesurage de la teneur en humidité du bois et l'observation des panneaux, ces derniers ont été retirés à trois reprises durant l'étude : le 2 juin, le 22 juillet et le 6 novembre 1998. Les résultats des mesures d'humidité se trouvent aux tableaux 3, 4 et 5. Les observations correspondant à chacune des dates sont au bas des tableaux.

Tableau 3 Mesures d'humidité du bois – 2 juin 1998

	Lisse basse	Poteau (lisse basse)	Poteau (300 mm)	Poteau (600 mm)	Poteau (1200 mm)
Panneau 1- ordinaire	>30%	>30%	22%	22%	Pas mesuré
Panneau 2 - Amélioré ordinaire I	>30%	>30%	22%	22%	Pas mesuré
Panneau 7- Amélioré ordinaire IV	>30%	30%	22%	22%	14%
Panneau 8 - Amélioré ordinaire V	>30%	20%	14%	14%	Pas mesuré
Panneau 9 - Amélioré ordinaire VI	>30%	24%	14%	13%	Pas mesuré
Panneau 10 – Mur breveté III	12%	12%	10%	Pas mesuré	Pas mesuré

Observations:

Avant d'enlever les panneaux, la teneur en humidité des poteaux découverts dans la pièce a été mesurée à une hauteur de 1,5 m. La teneur moyenne était de 10-12 %.

Panneau 1 – La lisse basse semblait saturée (teneur trop élevée pour lecture) sur toute la largeur. L'isolant était mouillé jusqu'à la marque d'eau haute ~100 mm.

Panneau 2 – La lisse basse affichait une teneur en humidité inégale, mais paraissait largement saturée. L'isolant était mouillé jusqu'à 100 mm+.

Panneau 3 – La fibre de verre isolante était mouillée jusqu'à une hauteur de 150 mm+ du plancher. L'isolant dans le profilé inférieur des poteaux d'acier était saturé.

Panneau 4 – L'isolant en fibre de verre était mouillé jusqu'à une hauteur de 100-150 mm du plancher. L'isolant dans le profilé inférieur des poteaux d'acier était saturé.

Panneau 5 – Parce que l'isolant de polystyrène est imperméable à l'humidité, aucun signe d'inondation n'était visible. Le mur et le plancher de béton étaient humides (foncés) sur 75-100 mm en montant sur le mur et à partir du plancher.

Panneau 6 – La fibre de verre dans ce panneau ne semblait pas avoir autant d'action capillaire sur l'humidité que les nattes isolantes en fibre de verre. Les derniers 25 mm du panneau étaient mouillés. Signalons que le panneau n'a jamais été mouillé jusqu'au niveau de 100 mm, car l'isolant a été posé à ~50mm au-dessus du plancher de béton, afin qu'il y ait suffisamment d'espace pour le profilé de finition auquel la moulure du plancher est fixée.

Panneau 7 – La lisse basse et la partie inférieure du mur du sous-sol étaient visiblement mouillées. Celle qui faisait face au mur semblait avoir un peu fonci. La fibre de verre isolante était mouillée jusqu'à une hauteur de 150 mm.

Panneau 8 – L'isolant était mouillé jusqu'à une hauteur de150 mm. Le mur du sous-sol près du plancher semblait un peu moins mouillé que les autres panneaux. La ligne d'eau n'était pas aussi facile à distinguer, ce qui indiquerait qu'il y avait du séchage ou que la région n'avait jamais été aussi mouillée (improbable car rien n'empêchait l'eau d'atteindre cette région).

Panneau 9 – L'isolant était détrempé le long de la lisse basse et la cavité du milieu était mouillée jusqu'à une hauteur de 150 mm.

Panneau 10 – Outre la marque d'eau haute sur le Densglas^{MC}, il n'y avait aucun signe que le panneau avait été saturé.

Tableau 4 Mesures de teneur en humidité du bois – 22 juillet 1998

	Lisse basse	Poteau (Lisse basse)	Poteau (300 mm)	Poteau (600 mm)	Poteau (1200 mm)
Panneau 1- ordinaire	>30%	22%	16%	14%	13%
Panneau 2 - Amélioré ordinaire I	26%	>30%	16%	14%	14%
Panneau 7- Amélioré ordinaire IV	26%	24%	20%	16%	14%
Panneau 8 - Amélioré ordinaire V	>30%	>20%	16%	14%	14%
Panneau 9 - Amélioré ordinaire VI	>30%	20%	15%	15%	12%
Panneau 10 – Mur breveté III	Pas mesuré	12%	Pas mesuré	10%	Pas mesuré

Observations:

Panneau 1 – La lisse basse du panneau était encore mouillée, de même que l'isolant, au point de contact avec la surface supérieure de la lisse. Elle était spongieuse au toucher, bien qu'aucune mesure quantitative n'ait été prise. Il y avait un peu de décoloration sur la surface supérieure de la lisse au point de contact avec l'isolant.

Panneau 2 – La lisse basse et la cavité centrale paraissaient encore mouillées. La surface supérieure de la lisse, au point de contact avec l'isolant, était foncée par endroits.

Panneau 3 – Le séchage de ce panneau n'était pas uniforme en ce sens que la cavité semblait sèche, alors que l'isolant dans la cavité du poteau extérieur était encore suffisamment mouillé pour laisser des marques d'humidité sur le mur de béton.

Panneau 4 – Ce panneau semblait indiquer que le séchage progressait des cavités de poteaux extérieurs vers le centre. L'isolant de la cavité centrale était encore imbibé d'eau près du plancher.

Panneau 5 – Pas retiré

Panneau 6 – Pas retiré

Panneau 7 – L'isolant dans le poteau du centre était encore imbibé d'eau au fond. L'isolant dans les deux espaces des poteaux extérieurs était mouillé mais pas détrempé. Un peu de noirci a été observé sur la surface supérieure de la lisse dans la cavité centrale des poteaux.

Panneau 8 – Le plancher de béton était encore très mouillé sous la lisse basse. L'isolant était encore mouillé dans les trois espaces entre les poteaux. La lisse basse semblait mouillée.

Panneau 9 – La lisse basse semblait mouillée et l'isolant était visiblement mouillé au fond de chaque espace entre les poteaux.

Panneau 10 – Aucun changement depuis l'examen précédent – le panneau semblait sec.

Tableau 5 Mesures d'humidité du bois – 6 novembre 1998

	Lisse basse	Poteau (lisse basse)	Poteau (300 mm)	Poteau (600 mm)	Poteau (1200 mm)
Panneau 1- ordinaire	20-22%	Pas mesuré	14%	12-14%	10-12%
Panneau 2 - Amélioré ordinaire I	18-20%	14%	10-12%	10-12%	12%
Panneau 7- Amélioré ordinaire IV	10%	10%	8%	8-10%	10%
Panneau 8 - Amélioré ordinaire V	16%	16%	12%	10%	8-10%
Panneau 9 - Amélioré ordinaire VI	12%	12%	8-10%	8-10%	Pas mesuré
Panneau 10 – Mur breveté III	Pas mesuré - Panneau laissé ouvert depuis le dernier examen				

Nota : La teneur en humidité moyenne du bois découvert dans le sous-sol était de 6-8 %.

Observations:

Panneau 1- Aucun signe de moisissure. Toutes les surfaces de bois étaient sèches au toucher.

Panneau 2 – La surface supérieure de la lisse basse (au point de contact avec l'isolant) était foncée.

Panneau 3 – L'isolant dans le panneau semblait sec et il n'y avait aucun signe de moisissure.

Panneau 4 - Le panneau semblait sec et il n'y avait aucun signe de moisissure.

Panneau 5 – Le plancher sous l'isolant de polystyrène semblait toujours humide (foncé) mais il n'y avait aucun signe de moisissure.

Panneau 6 – Le dos du panneau et le mur semblaient secs.

Panneau 7 – L'isolant et la lisse basse semblaient secs et il n'y avait aucun signe de moisissure.

Panneau 8 – De l'eau à l'état liquide a été observée sous la lisse basse à la jonction de la feuille de polyéthylène, entre la lisse et le plancher de béton. Comme l'isolant qui touchait à la lisse basse

était coincé, il a fallu l'arracher. Il y avait un peu de décoloration sur la surface supérieure de la lisse. Les câbles d'instruments nous ont empêché de poser le panneau à plat par terre et il a été impossible d'examiner le dessous de la lisse.

Panneau 9 – Le panneau était sec, bien qu'il y ait eu un peu de décoloration sur la surface supérieure de la lisse. L'isolant coincé dans la lisse a dû être arraché pour l'examen à vue.

5. Conclusions

Une étude de dix-huit mois sur l'atténuation des problèmes liés au mouillage chronique des assemblages muraux de sous-sol a été réalisée au Alberta Home Heating Research Facility. Dix types de panneaux muraux ont été utilisés à cette fin. Différents types de murs ont été utilisés, à savoir des assemblages à ossature de bois, à ossature d'acier et des produits brevetés tels que du polystyrène extrudé, de la fibre de verre rigide et de la polyuréthane vaporisée. L'application de pare-vapeurs externes dans les constructions classiques à ossature de bois a été examinée pour déterminer la mesure dans laquelle ils sont capables de résister à la vapeur d'eau dans l'éventualité d'une fuite extérieure. Neuf des dix assemblages ont été assujettis à une fuite contrôlée comme celles qui se produisent dans les murs de sous-sol. Le processus a été répété deux fois, puis nous avons laissé les panneaux sécher après chaque fuite contrôlée. Après tous les examens de fuites contrôlées, les dix assemblages ont subi une inondation simulée de sous-sol et observés pendant une longue période pour déterminer quelles techniques de construction séchaient le mieux. Les mesures d'humidité relative et de teneur en humidité du bois ont fait ressortir plusieurs constatations intéressantes.

1. Les assemblages dotés d'un pare-vapeur externe, dont la résistance à l'humidité est intrinsèque (comme le polystyrène extrudé) étaient les plus efficaces dans le cas d'une fuite contrôlée. L'eau fuyant à l'extérieur du pare-vapeur a simplement coulé en bas du mur, sous la lisse basse et sur le plancher du sous-sol. Il semble que le fait de surélever légèrement l'ossature sur le plancher a réduit la quantité de vapeur d'eau absorbée par la lisse basse et laissé l'humidité s'échapper de derrière le panneau plus facilement.

2. Les panneaux sans pare-vapeur externe ont été mouillés par la fuite contrôlée et mis beaucoup de temps à sécher. Le bois mouillé est devenu une source d'humidité, de sorte que l'humidité relative intérieure était plus élevée que dans un panneau comparable à ossature d'acier.

3. Les deux assemblages brevetés qui ont été testés, le polystyrène extrudé et la fibre de verre rigide, ont rejeté la vapeur d'eau de la fuite contrôlée. Il n'y a eu aucune manifestation de moisissure ou de champignons au cours de l'étude.

4. Les panneaux d'essai à ossature de bois dotés d'un pare-vapeur externe n'ont pas été aussi performants durant l'inondation simulée de sous-sol. L'eau s'est infiltrée dans les panneaux et, comme ces derniers étaient entourés d'une barrière imperméable, ils sont restés mouillés longtemps.

5. Les assemblages muraux brevetés ont été beaucoup plus performants que les autres durant l'inondation. Soit que le drainage a été très rapide (fibre de verre rigide), soit qu'ils n'ont pas absorbé beaucoup de vapeur d'eau initialement (polystyrène extrudé et polyuréthane vaporisée).

Annexe I

On trouvera dans cette annexe les schémas de mesurage de l'humidité relative et de la teneur en humidité pour tous les panneaux à mi-hauteur. Comme prévu, la réaction à environ 1,2 m au-dessus du plancher était sensiblement moins prononcée qu'au point inférieur (0,3 m au-dessus du plancher). Les figures ne nécessitent pas d'explication et sont présentées à titre de complément d'information.

Liste des figures

Figure A1 Mesures d'humidité relative à mi-hauteur – première fuite
Figure A2 Teneur en humidité à mi-hauteur – première fuite
Figure A3 Mesures d'humidité relative à mi-hauteur – seconde fuite
Figure A4 Teneur en humidité à mi-hauteur – seconde fuite
Figure A5 Mesures d'humidité relative à mi-hauteur – inondation
Figure A6 Teneur en humidité à mi-hauteur – inondation

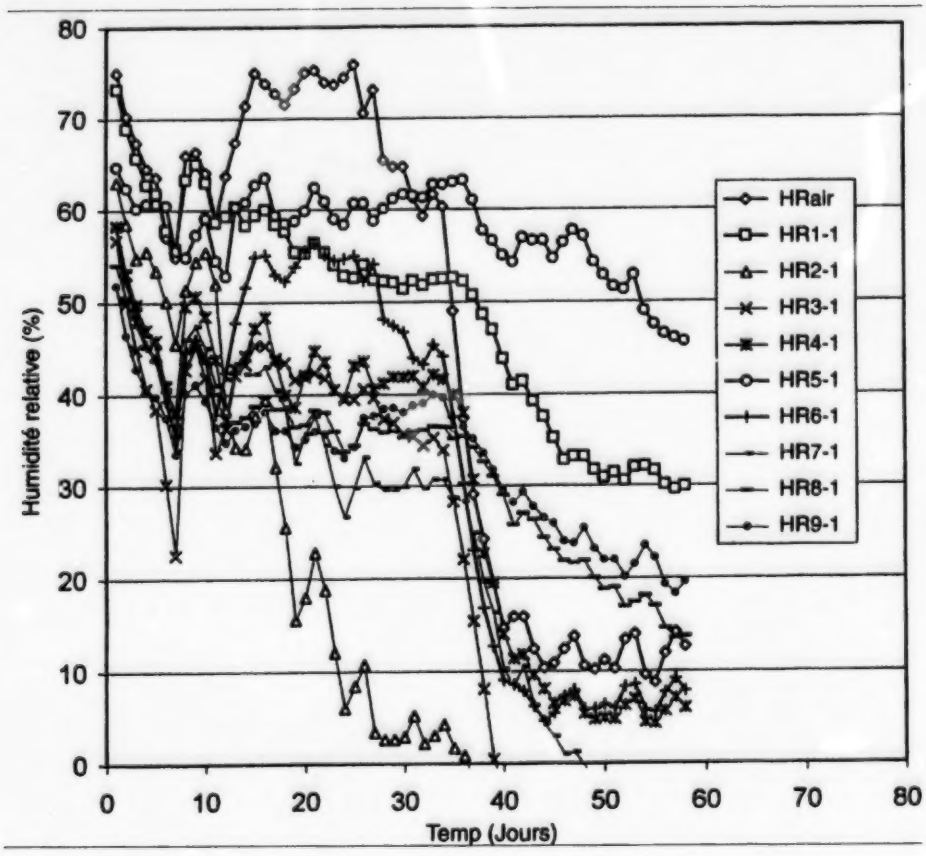


Figure A1 Mesures d'humidité relative à mi-hauteur – première fuite

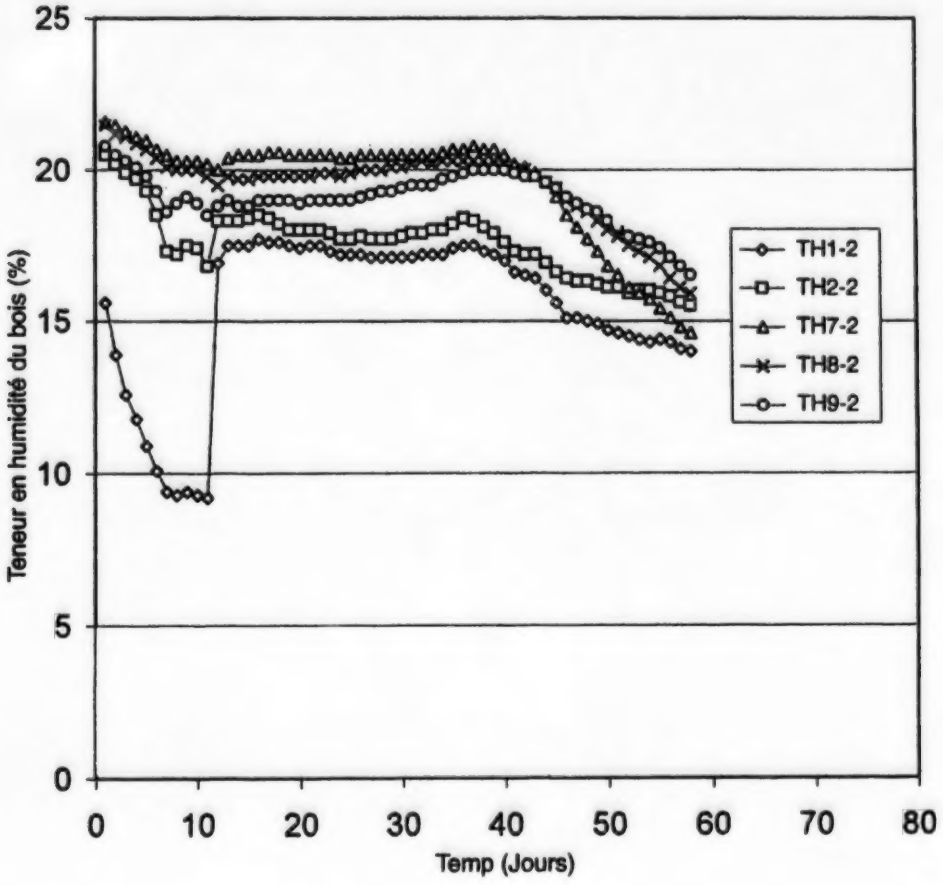


Figure A2 Teneur en humidité à mi-hauteur – première fuite

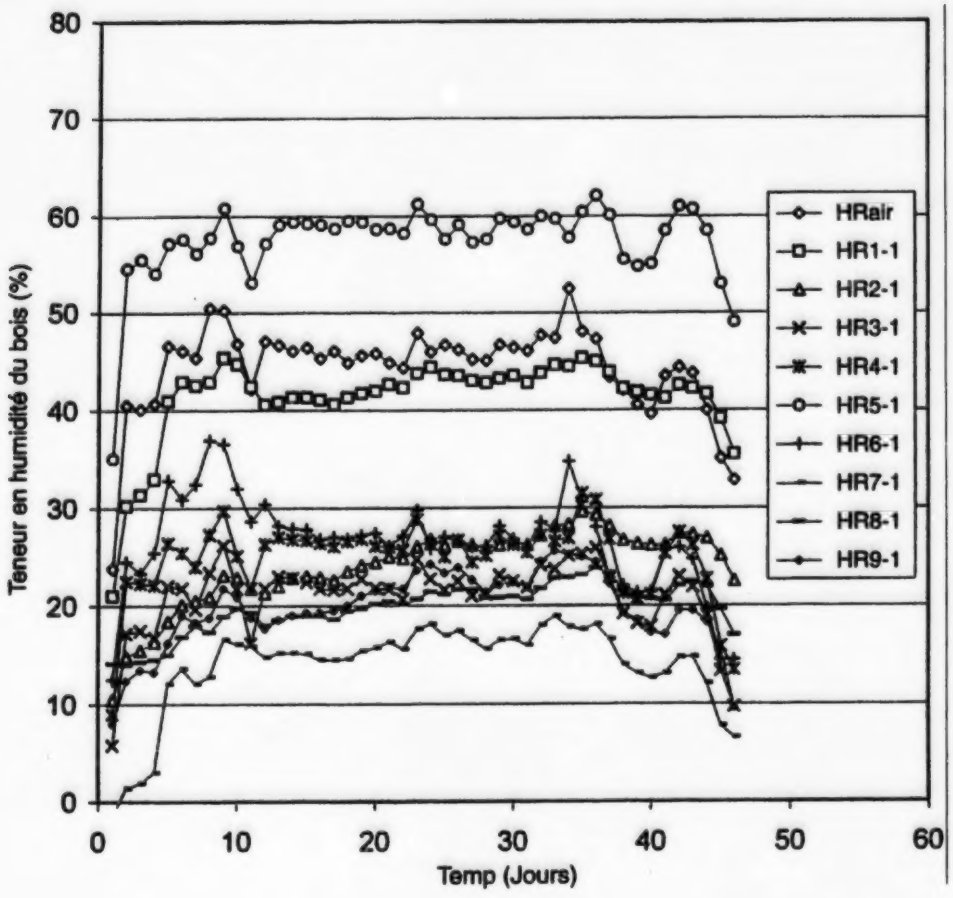


Figure A3 Mesures d'humidité relative à mi-hauteur – seconde fuite

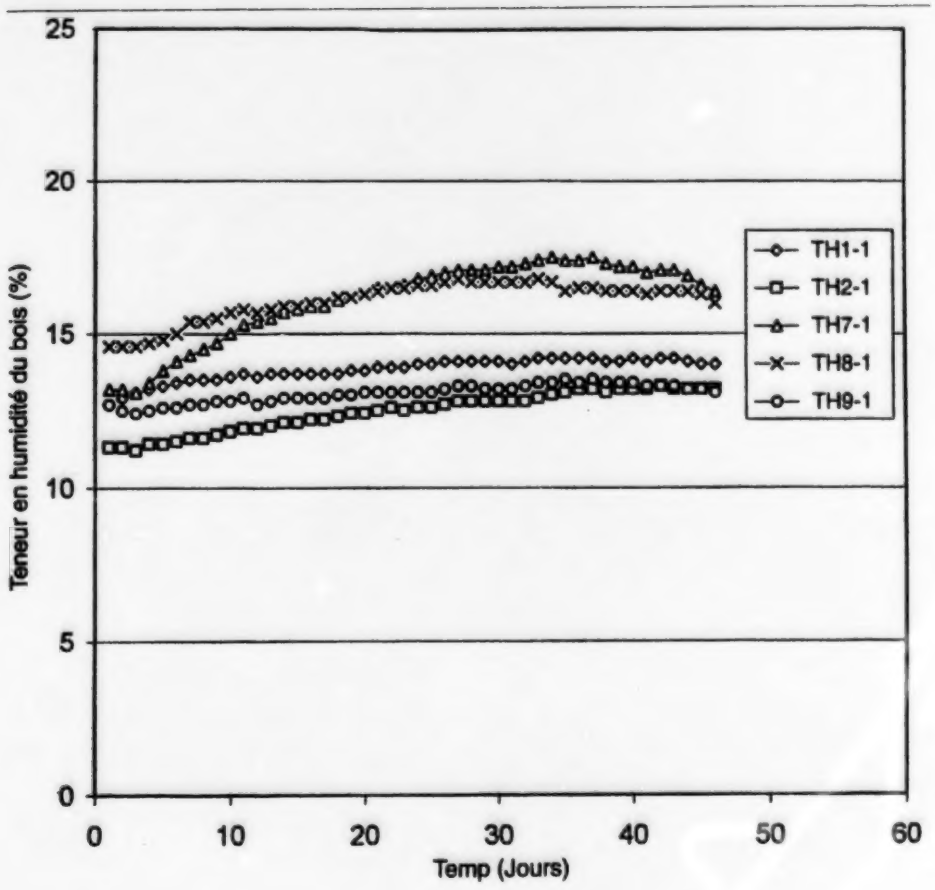


Figure A4 Teneur en humidité à mi-hauteur – seconde fuite

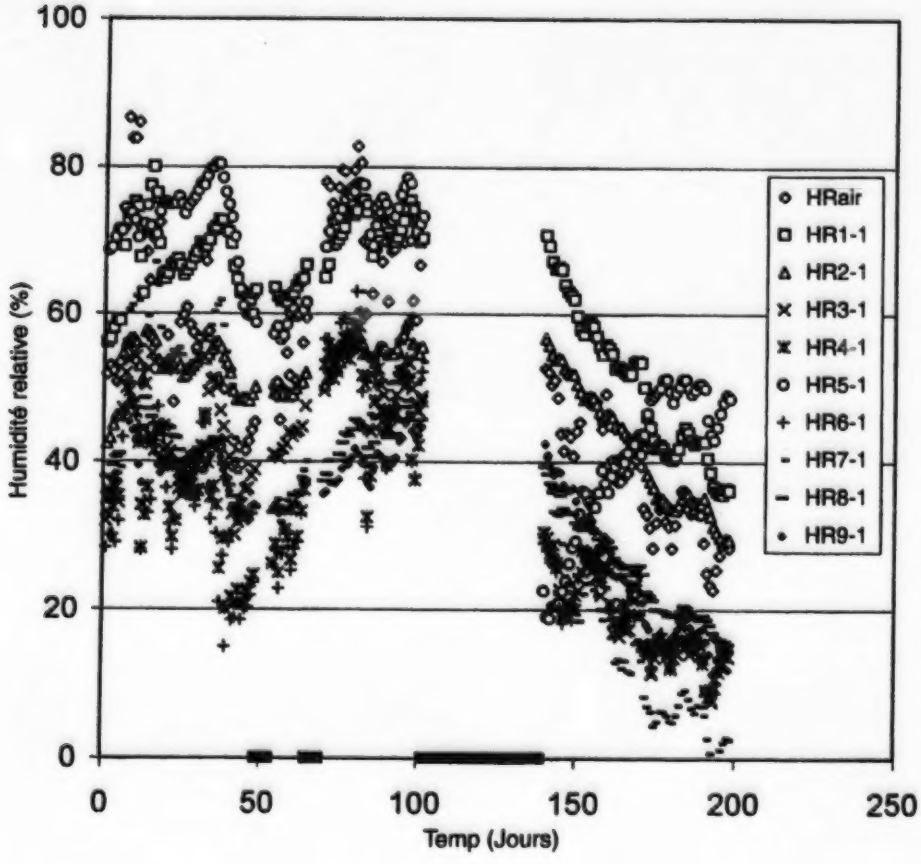


Figure A5 Mesures d'humidité relative à mi-hauteur – inondation

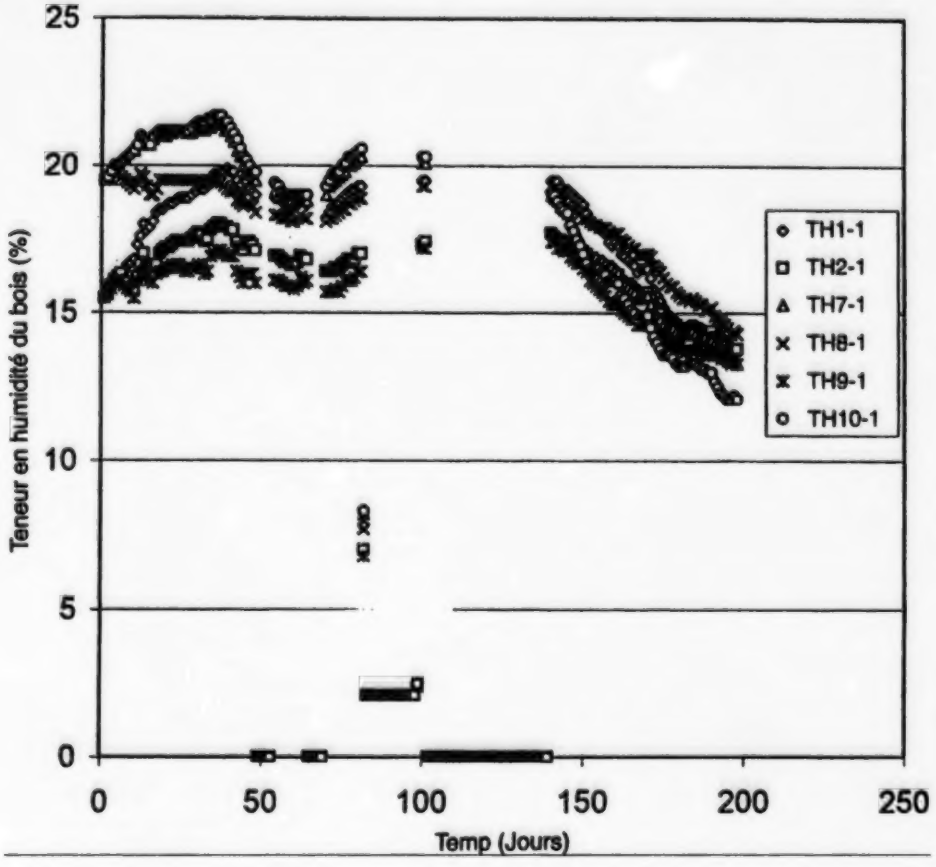


Figure A6 Teneur en humidité à mi-hauteur – inondation